

POSSIBILITES ET LIMITES DE L'INTENSIFICATION DES SYSTEMES DE CULTURE VIVRIERS EN ZONE SOUDANO-SAHELIENNE

Le cas du Yatenga (Burkina Faso)

Patrick DUGUÉ



Département Systèmes Agraires
du CIRAD

**Le Département Systèmes Agraires
du Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique
pour le Développement,**

organisme de recherche pour le développement a essentiellement pour mission :

- d'initier, d'animer et de coordonner les recherches sur les systèmes agraires et les systèmes de production en s'associant aux équipes spécialisées des différents départements du CIRAD ou d'autres organismes de recherche ou de développement,
- de favoriser les relations avec le développement,
- de développer et diffuser la démarche recherche-développement.

Le DSA travaille avec des organismes des pays du Tiers Monde. Les outils sont testés en grandeur nature sur des projets menés en coopération. Ils sont diffusés sur le terrain par des publications et des actions de formation.

La Collection Documents Systèmes Agraires

a pour but de publier les études et travaux des chercheurs du département ainsi que ceux effectués sous leur direction ou en collaboration avec le département.

Ces études et travaux peuvent être :

- des comptes-rendus de travaux de recherche entrepris sur les différents terrains où intervient le DSA,
- des documents, rapports de mission, notes de synthèse faisant le point sur des opérations de recherche sur les systèmes agraires ou de recherche développement,
- des mémoires et travaux de fin d'étude apportant une contribution originale à la connaissance des systèmes agraires,
- enfin des documents méthodologiques ou bibliographiques.

Département Systèmes Agraires du CIRAD

Avenue du Val de Montferrand

B.P. 5035 - 34032 Montpellier Cedex - France

Tél. 67 61 58 00 - Télécopie 67 41 40 15

**POSSIBILITES ET LIMITES
DE L'INTENSIFICATION DES SYSTEMES
DE CULTURE VIVRIERS
EN ZONE SOUDANO-SAHELIENNE**

Le cas du Yatenga (Burkina Faso)

Patrick DUGUÉ - DSA/CIRAD

*Extraits de la Thèse de Docteur Ingénieur en Sciences Agronomiques
soutenue le 12 janvier 1989
à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier*

INERA

Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles
(Burkina Faso)



Département Systèmes Agraires
du CIRAD

AVANT-PROPOS

Cette étude sur les voies et moyens d'amélioration de la production vivrière en zone soudano-sahélienne s'inscrit dans le cadre du programme de recherche-développement du Yatenga. Ce programme, initié par l'IDP-AOS il y a bientôt dix ans, associe des institutions de recherche (l'INERA-Burkina Faso, le DSA-CIRAD-France) et de développement (le CRPA du Yatenga, ex-ORD). Une première phase de recherche (1980-1987) s'est principalement concentrée sur la mise au point d'un référentiel technique permettant d'accroître la production céréalière des exploitations agricoles. Assez rapidement nous avons pu entrevoir les limites d'une intervention axée principalement sur les techniques d'intensification des systèmes de culture. Des travaux de recherche-développement portant sur la lutte contre l'érosion et la sécheresse à travers la gestion des terroirs villageois, l'appui technicoéconomique aux exploitations agricoles et les méthodes de vulgarisation ont donc été entrepris et se poursuivent actuellement.

Cette première phase concernait les régions du Centre et de l'Ouest du Yatenga, peuplées en grande majorité d'agriculteurs Mossi. Depuis 1987, un important programme a été entrepris dans le Nord Yatenga, occupé principalement par des Peul et tourné vers l'élevage des bovins et des petits ruminants. De nouvelles problématiques sont apparues : la gestion des espaces pastoraux, l'amélioration de la productivité des troupeaux, la commercialisation des produits d'élevage, et l'organisation des éleveurs. Les travaux de recherche-développement concernant les zones Centre, Ouest et Nord du Yatenga constituent un tout et permettent d'apporter des éléments de compréhension et des solutions pour le développement agricole de cette Province.

Ce document n'a pas pour objectif de présenter une synthèse des travaux menés depuis 1982 mais abordera les principaux résultats obtenus en matière d'amélioration de la production vivrière dans trois villages du Centre et de l'Ouest du Yatenga. Au fil de la lecture on pourra constater que la mise en œuvre des propositions concernant les systèmes de culture renvoient à d'autres secteurs du développement agricole (la défense et la restauration des sols, la foresterie, l'élevage...). Ceci nous conforte dans l'idée de développer des programmes pluridisciplinaires et de promouvoir pour les années à venir une synthèse de l'ensemble des travaux de recherche-développement menés au Yatenga. Cette synthèse s'enrichira des résultats des opérations de développement expérimental qui sont actuellement en cours.

Les résultats présentés ici sont le fruit d'un travail d'équipe mené durant six années (1982-1987). Nous ne discuterons pas de l'ensemble des résultats d'expérimentation mené avec les paysans, ni de l'appui technique et économique que l'on a pu apporter aux agriculteurs partenaires du programme de R-D. Ces points ont fait l'objet de différents rapports d'activités et de publications (cf. bibliographie). Il nous a semblé plus judicieux de s'intéresser à un thème précis - l'amélioration de la production céréalière - et à la problématique de l'intensification des systèmes de culture dans une région caractérisée par d'importants aléas climatiques. Nous ne présenterons donc que les résultats d'expérimentation et d'enquête se rapportant à ce thème.

Ce travail, réalisé durant une période marquée par des années de sécheresse aiguë, n'aurait pas pu aboutir sans la participation active des paysans de Sabouna, de Ziga et de Boukéré, ainsi que celle des enquêteurs originaires de ces villages. Les expérimentations ont été mises en place et suivies avec une grande rigueur par deux techniciens de l'INERA, Germain GUIRE et

Justin TIEMTORE, que nous remercions vivement pour leur appui constant. Le programme de R-D du Yatenga est aussi un terrain de formation ; la participation d'étudiants-stagiaires de l'ISP-IDR (Ouagadougou) et du CNEARC (Montpellier) a été précieuse. Enfin nous remercions les cadres du CRPA du Yatenga et les chercheurs de l'INERA, du CIRAD, de l'ORS-TOM et de l'INRA-SAD qui nous ont apporté un appui scientifique et qui ont suivi avec intérêt ces travaux.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Première partie : le cadre de l'étude

- | | |
|---|-------------|
| 1. Situations géographique et démographique | p 9 |
| 2. Une unité historique ancienne | p 10 |
| 3. Le milieu physique | p 11 |
| 3.1 Le modelé physique | |
| 3.2 Les différentes unités de paysage | |
| 3.3 Le climat | |
| 3.4 Une description rapide des systèmes de culture | |
| 4. Une diversité des situations géographiques et agraires :
le zonage du Yatenga | p 15 |
| 5. Les villages d'étude : trois situations agroécologiques différentes | p 18 |
| 5.1 Le choix des villages | |
| 5.2 Les villages d'étude : description et comparaison | |

Conclusion

Deuxième partie : Les contraintes à la production agricole

- | | |
|--|-------------|
| 1. Les concepts de potentialités, de fertilité et de contraintes
à la production agricole | p 29 |
| 2. Les facteurs limitants d'ordre socio-économique | p 31 |
| 2.1 Une force de travail et une capacité d'investissement limitées | |
| 2.2 Le poids des traditions | |
| 3. Les facteurs limitants d'ordre physique : le climat et la fertilité des sols | p 33 |
| 3.1 Une approche rapide de la variabilité de la production
céréalière régionale | |
| 3.2 La contrainte climatique | |
| 3.3 Les facteurs limitants liés à la baisse de fertilité des sols | |
| 3.4 Première approche des relations entre alimentation hydrique
et rendement des cultures | |

Conclusion

Troisième partie : Le fonctionnement des exploitations agricoles et leurs performances en matière de production céréalière

Chapitre I : Eléments sur le fonctionnement et l'évolution des systèmes de production

1. Dispositifs et méthodes d'enquête p 61
2. Quelques caractéristiques structurelles déterminantes p 62
pour l'analyse du fonctionnement des systèmes de production
 - 2.1 L'organisation du travail et la répartition du foncier
au sein des exploitations agricoles
 - 2.2 La surface cultivée et les principaux facteurs de variation
 - 2.3 Appréciation de la qualité du parcellaire cultivé
 - 2.4 Les autres moyens de production : cheptel vif, cheptel mort
3. Les performances des exploitations agricoles : p 79
La production vivrière et la productivité du travail
 - 3.1 La production céréalière par consommateur
 - 3.2 La production céréalière par actif
 - 3.3 Variabilité intervillage et interannuelle de la production
céréalière par actif
 - 3.4 Variabilité interexploitation de la production céréalière par actif

Chapitre II : Pratiques et stratégies des paysans en matière de conduite des cultures

1. Dispositif et méthodes d'enquête p 93
2. Description des pratiques à l'échelle de la parcelle p 94
 - 2.1 Les opérations culturales
 - 2.2 Diversité des itinéraires techniques
3. Analyse de stratégies de conduite des cultures à l'échelle de l'exploitation p 101
 - 3.1 Gestion du temps de travail disponible pour les cultures
 - 3.2 Les principales stratégies de conduite des cultures
4. Variabilité des rendements parcellaires et potentialité des terrains p 117
 - 4.1 Variabilité des rendements en mil
 - 4.2 Variabilité des rendements en sorgho
 - 4.3 Types de terrain, potentialités et stabilités des rendements

Conclusion

Quatrième partie : Etude des possibilités d'amélioration des productions céréalières

Chapitre I : Les options prise en matière d'amélioration de la production céréalière

- | | |
|---|-------|
| 1. Les objectifs du programme de recherche-développement | p 130 |
| 2. Les niveaux d'intervention | p 131 |
| 3. Les dispositifs expérimentaux et les contrôles effectués | p 131 |
| 4. Priorité à l'amélioration de la culture du mil | p 132 |
| 5. Les thèmes de recherches majeurs | p 133 |

Chapitre II : L'amélioration de l'alimentation hydrique du mil

- | | |
|---|-------|
| 1. Problématique | p 139 |
| 2. L'essai travail du sol et économie de l'eau | p 143 |
| 2.1 Objectif de l'essai | |
| 2.2 Dispositifs expérimentaux | |
| 2.3 Résultats | |
| 2.4 Discussion | |
| 3. Les tests de techniques de travail du sol en milieu paysan | p 153 |
| 3.1 De l'expérimentation au test en milieu paysan | |
| 3.2 Dispositif expérimental | |
| 3.3 Résultats | |
| 3.4 Discussion | |

Chapitre III : Amélioration de la fertilité des sols et de l'alimentation minérale du mil

- | | |
|---|-------|
| 1. Intérêts de la fertilisation : les points de vue de l'agronome et des paysans | p 165 |
| 2. Les essais d'amélioration de la fertilité des sols et de la fertilisation du mil | p 171 |
| 2.1 Objectifs | |
| 2.2 Dispositif expérimental | |
| 2.3 Méthode de calcul de la rentabilité de l'engrais | |
| 2.4 Résultats | |
| 2.5 Discussion | |
| 3. Le test de différents types de fumure en milieu paysan | p 185 |
| 3.1 Objectifs | |
| 3.2 Dispositifs expérimentaux | |
| 3.3 Résultats | |
| 3.4 Discussion | |

Cinquième partie : Quelques propositions pour améliorer la production céréalière au Yatenga

Chapitre I : Quelques propositions techniques visant à augmenter la production céréalière

1. Représentativité de l'échantillon d'étude p217
2. Quelques propositions pour améliorer la gestion de l'eau au niveau de la parcelle p219
 - 2.1 La culture attelée et le travail du sol : solutions viables pour l'agriculteur du Yatenga ou utopie d'agronome ?
 - 2.2 L'aménagement du parcellaire cultivé
3. Améliorer la nutrition minérale des cultures et la gestion des ressources fertilisantes p227
 - 3.1 Accroître la consommation d'engrais ou mieux gérer les quantités actuellement utilisées ?
 - 3.2 La fumure organique : fertilisant gratuit ou ressource rare ?

Chapitre II : Réflexion sur la mise en œuvre des innovations techniques proposées

1. Les stratégies de développement de la production agricole p 239
 - 1.1 Les zones à faible densité de population
 - 1.2 Les zones à forte densité de population
 - 1.3 Développement agricole et diversité des exploitations
2. La nécessité d'une démarche de recherche-développement p244
 - 2.1 Du diagnostic à l'élaboration des innovations techniques
 - 2.2 La maîtrise des innovations par les producteurs
 - 2.3 Recherche-développement et communautés rurales

Conclusion

Conclusion générale p253

LISTE DES SIGLES

ORGANISMES ET INSTITUTIONS

BDPA	Bureau pour le développement de la production agricole (France).
CIRAD	Centre de coopération international en recherche agronomique pour le développement (France).
CNEARC	Centre national d'études agronomiques des régions chaudes (France).
CRPA	Centre régional de promotion agropastoral (ex-ORD) [Burkina Faso].
DSA	Département des systèmes agraires (département CIRAD).
FAO	Food and Agriculture Organisation (Organisation pour l'agriculture et l'alimentation, OAA).
FDR	Fond de développement rural (Burkina Faso) [devenu FEER Fond de l'eau et de l'équipement rural].
GERES	Groupe européen de restauration des sols.
INERA	Institut d'études et de recherches agricoles (Burkina Faso).
IPD/AOS	Institut Panafricain de développement (Afrique de l'Ouest - Sahel [Ouagadougou]).
IRAT	Institut de recherches agronomiques et tropicales et des cultures vivrières (département CIRAD).
ORD	Organisme régional de développement (Burkina Faso-Yatenga).
ORSTOM	Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (France).

DIVERS

BP	Burkinaphosphate.
CEC	Capacité d'échange cationique.
ETP	Evapotranspiration potentielle.
ETR	Evapotranspiration réelle.
R-D	Recherche-Développement.
UBT	Unité bovin tropical.
UF	Unité fourragère.

AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Les mots en langue « moore » sont écrits phonétiquement et entre guillemets. Seuls les résultats les plus illustratifs figurent dans le texte, les autres sont rassemblés annexe.

Les définitions des principaux concepts et termes utilisés sont présentées dans un lexique à la fin de ce document.

INTRODUCTION GENERALE

PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE

1 - LE YATENGA, UNE REGION EN CRISE

La province du Yatenga, située au Nord-Ouest du Burkina Faso connaît depuis plusieurs années un déficit chronique en céréales, nourriture de base des populations. Cette situation provient de la conjugaison de phénomènes physiques et anthropiques : baisse de la pluviosité, renforcement des aléas climatiques, diminution des ressources naturelles (pâturages, terre cultivable...) et augmentation de la densité de population.

Par le passé, le Yatenga avait connu plusieurs famines (1913, 1940) mais depuis les quinze dernières années la situation a empiré du fait de deux périodes sèches (1971-1974 et 1982-1985).

Face à cette crise, les organismes de développement et de recherche ont tenté depuis un quart de siècle d'apporter des solutions qui ont concerné la défense et la restauration des sols, la diffusion de la culture attelée, des engrais et des variétés améliorées en vue d'augmenter les rendements des cultures vivrières.

Cette stratégie d'intensification des systèmes de culture, proposée depuis 25 ans se justifie par la raréfaction des terres cultivables et la forte densité de population. La grande majorité des terroirs du centre Yatenga (50 % de l'ensemble de la province) sont saturés au point que des sols marginaux sont cultivés et que l'espace réservé aux pâturages a fortement régressé. Les premières propositions techniques faites aux producteurs ont connu un certain succès (diffusion de matériels de culture attelée et d'engrais, organisation de la collecte de l'arachide) durant la phase pluvieuse 1960-1970. On constate depuis 1983 un recul très net de ces thèmes lié principalement à la persistance d'années à pluviométrie déficitaire. A l'heure actuelle l'augmentation de la production céréalière de cette région reste l'enjeu majeur mais les stratégies des organismes de développement et de recherche ont évolué sensiblement. Ainsi un intérêt grandissant est accordé à la préservation du milieu naturel ainsi qu'à la valorisation des systèmes d'élevage existants et des ressources en eau disponibles (maraîchage, petits périmètres rizicole).

Notre objectif premier n'est pas d'élaborer des politiques agricoles pour cette région mais de discuter des possibilités d'intensification des systèmes de culture et d'augmentation de la production vivrière :

- l'augmentation de la production vivrière implique-t-elle dans tous les cas une intensification des systèmes de culture ?
- est-elle envisageable actuellement au vu des résultats de la recherche ? A quel prix et avec quels risques économiques pour les producteurs ?

2 - INTENSIFICATION DES CULTURES **ET POTENTIALITES AGRICOLES REGIONALES**

Le concept d'intensification de l'agriculture des zones tempérées fait référence à l'évolution récente des systèmes de production marquée par l'augmentation de la productivité du travail, des rendements et du capital investi (TIREL, 1987). En zone tropicale et en Afrique de l'Ouest plus particulièrement, l'intensification des systèmes de culture reste un objectif faisant principalement référence à l'augmentation des rendements qui implique pour la plupart des auteurs outre des changements techniques, une sédentarisation des aires de culture et l'entretien de la fertilité des sols cultivés (TOURTE, 1970).

La notion d'intensification se rapporte selon TIREL (op. cité) à un facteur (la terre, le travail, le capital). Ce facteur est exploité de façon intensive lorsque l'on combine à une quantité donnée de ce facteur des quantités croissantes d'autres facteurs. Cette définition peut s'appliquer très bien pour la terre dans les régions où son accès est limité (zone à forte densité de population). C'est ainsi que l'on associe généralement à la notion d'intensification l'accroissement de la productivité de la terre due à l'augmentation des rendements. D'autres processus d'intensification des systèmes de production agricole existent : l'augmentation de la productivité du travail par accroissement du capital investi par exemple. C'est le cas pour les grandes exploitations fortement mécanisées de zones tempérées ou des exploitations ayant développé des élevages hors-sol.

Notre intervention en tant qu'agronome, dans le cadre d'un projet de recherche-développement, a concerné principalement l'amélioration des systèmes de culture. C'est à partir de ces résultats que l'on discutera des possibilités d'intensification des systèmes de production agricole, tout en sachant bien que d'autres voies sont envisageables comme le développement de l'élevage par exemple.

Pour la région qui nous concerne nous pouvons définir, peut être abusivement, l'intensification des systèmes techniques de production végétale comme un processus évolutif visant à augmenter la productivité du travail c'est-à-dire principalement la production vivrière par actif. Cette évolution implique essentiellement l'augmentation des rendements ou l'accroissement du rapport surface cultivée par actif ou les deux.

La mise au point de stratégies de développement agricole d'une région demande au préalable une bonne connaissance des potentialités du milieu naturel qui comprend l'ensemble des ressources qui peuvent être exploitées : la terre, l'eau, les formations végétales herbacées et arborées... A l'échelle des systèmes de culture, les concepts de potentialité ou de potentiel de production renvoient à la notion de fertilité ou d'aptitude culturale d'un milieu (voir II^e partie). A un niveau supérieur, HENIN et DEFFONTAINES (1970) précisent les objectifs du chercheur, pour une région donnée, comme la « définition de systèmes d'utilisation mettant en cause tous ces constituants compte tenu de l'homme et son comportement. Cette démarche demandera soit de redéfinir les problèmes de recherches dont la solution contribuera au développement soit de préciser les caractéristiques de l'activité rurale qu'il faudra introduire dans les programmes d'aménagement du territoire ».

Dans les deux cas le concept de potentialité met en relation le milieu physique et les hommes qui l'exploitent. En zone tropicale semi-aride les contraintes physiques (fertilité des sols, aléas climatiques) influencent fortement la production et les capacités des producteurs d'artificialiser le milieu (irrigation, aménagement global) sont limitées. C'est pourquoi on a trop souvent tendance à considérer que les possibilités de développement agricole y sont réduites voire inexistantes. Il est nécessaire de relativiser ce jugement pessimiste et il serait préférable de raisonner objectivement le développement d'une région donnée par rapport aux ressources naturelles disponibles. Les objectifs de la recherche seraient de valoriser aux mieux ces potentialités et d'estimer les limites de l'exploitation de ces ressources naturelles afin de préserver leur reproductibilité.

3 - LE CADRE INSTITUTIONNEL ET LES PRINCIPES METHODOLOGIQUES DE BASE

Les résultats que nous allons présenter ont été obtenus dans le cadre d'une opération de **recherche-développement** associant des chercheurs de l'INERA et du DSA-CIRAD, des développeurs de l'ORD du Yatenga et les producteurs de plusieurs villages de cette province. Cette démarche comprend trois phases principales (BILLAZ, TOURTE, 1982) :

- un diagnostic sur le fonctionnement et l'évolution des systèmes agraires de la région d'étude ;
- la mise au point de références technico-économiques associant expérimentation et tests d'innovations par un groupe de producteurs ;
- le transfert de ces innovations à une échelle plus vaste (l'ensemble ou une partie des producteurs de la région).

La participation des agriculteurs à ce type d'opération est déterminante : d'une part pour la réalisation d'un diagnostic pertinent qui révèle leurs problèmes et leurs véritables attentes et, d'autre part pour qu'ils puissent mettre en œuvre sans appui extérieur permanent les innovations techniques et sociales que l'on aura proposées (JOUVE et MERCOIRET, 1988). L'extension des résultats d'un programme de recherche-développement (qui intervient sur de petites zones géographiques) à l'ensemble d'une région par le biais d'organismes de développement reste un objectif majeur mais qui rencontre très souvent des difficultés d'ordres méthodologique et organisationnel liées au changement d'échelle (extrapolation et validité des résultats). Ceci implique de développer des recherches à l'échelle de la région portant sur des espaces dépassant que ceux de quelques villages.

Notre étude des possibilités d'intensification de la production vivrière s'appuie sur le suivi des activités d'un échantillon d'exploitations agricoles et sur la diversité des situations agropédologiques rencontrées dans trois villages du Yatenga. **L'approche systémique de l'exploitation agricole** met en évidence les relations entre les différents

constituants du système de production (système technique de production végétale, système d'élevage...) et permet d'analyser son fonctionnement qui dépend des décisions du chef d'exploitation (objectifs et choix stratégiques) [CAPILLON, SEBILLOTTE, 1980]. Au Yatenga, il a été relativement facile d'identifier les contours de l'exploitation agricole du fait de l'éclatement des structures traditionnelles beaucoup plus complexes qui associaient dans le passé plusieurs unités de production, plusieurs niveaux de décision pour une seule unité de consommation et de résidence. Nous utiliserons donc la notion d'exploitation agricole ainsi que celles d'exploitant ou de chef d'exploitation qui se sont révélées pertinentes.

La mise au point d'innovations techniques et leur diffusion nécessitent tout d'abord une bonne connaissance du milieu physique et des pratiques culturelles des paysans. L'élaboration de références techniques repose par ailleurs sur les connaissances scientifiques existantes et les acquis de la recherche agronomique, nombreux dans la zone soudano-sahélienne. C'est en associant ces deux niveaux de connaissance que l'on a développé un programme d'expérimentation en milieu semi-contrôlé et de tests effectués par les producteurs. Ce programme a essayé dans la mesure du possible de répondre aux attentes des paysans. L'objectif visé, à priori, n'était pas d'élaborer des références ou « recettes universelles » mais d'ajuster les innovations techniques aux différentes situations que l'on a pu rencontrer (fonction des différents types de milieu naturel et de la diversité des exploitations agricoles).

Ce programme s'inscrit dans un ensemble plus large d'actions de recherche et de développement concernant la province du Yatenga. Des relations étroites de collaboration ont été développées plus particulièrement avec le programme « Dynamique des systèmes agropastoraux » de l'ORSTOM intervenant au niveau du village de Bidi. L'objectif de ce programme regroupant des chercheurs de différentes disciplines (agronomie, géographie, pastoralisme, ethnologie, hydrologie) est d'étudier l'évolution des systèmes de production face à la dégradation d'un écosystème et plus particulièrement des rapports entre l'agriculture et l'élevage. Il faut souligner dans cette collaboration la complémentarité entre d'une part une approche de recherche sur les systèmes de production qui nécessitent une durée d'observation assez longue (SERPANTIE et al., 1985 et 1987) et d'autre part une approche de recherche-développement soucieuse de fournir assez rapidement des recommandations aux producteurs.

4 - LA VALORISATION DES ACTIONS DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT : PRESENTATION DU PLAN DE L'ETUDE

Notre intervention dans ce programme de recherche-développement, en tant qu'agronome, a concerné d'une part le diagnostic sur le fonctionnement des systèmes de production et des systèmes de culture ; d'autre part, la mise au point d'un référentiel technique et d'innovations sociales à l'échelle de groupes d'exploitations de trois villages. Cette activité professionnelle qui a associé durant six années une activité de recherche et une expérience de développement expérimental très consommatrice de temps, a eu comme intérêt de favoriser un contact étroit et enrichissant avec les agriculteurs. Nos travaux se situent donc dans une optique de recherche-développement ; les expérimentations agronomiques

ont été finalisées par rapport aux problèmes des agriculteurs de cette région et conduites sur leurs terrains de culture. Ceci peut expliquer qu'elles n'ont pas toujours été menées avec la rigueur et la précision que l'on peut atteindre en station expérimentale.

Nous présenterons ici les résultats essentiels par rapport à la problématique de l'intensification des systèmes de cultures. Nous justifierons plus loin la restriction de ce thème d'étude à la culture du mil et aux problèmes principaux que sont l'amélioration de l'alimentation hydrique et minérale de cette culture et l'entretien de la fertilité des sols. Dans une première partie nous proposerons une **description du milieu physique et humain du Yatenga et des trois villages** ; dans la deuxième partie, nous présenterons **les contraintes à la production agricole** et leur évolution ces vingt dernières années. Nous analyserons dans la troisième partie les performances actuelles des systèmes de production de ces trois villages ainsi que les pratiques agricoles des producteurs. Le cadre de l'étude étant posé nous présenterons dans la quatrième partie les résultats d'expérimentation portant sur les **améliorations techniques envisageables pour la culture du mil**. Enfin nous discuterons dans la cinquième partie **des possibilités d'intensification des systèmes de culture** par rapport aux capacités technico-économiques des paysans.

PREMIERE PARTIE

LE CADRE DE L'ETUDE :

DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE ET HUMAIN, ZONAGE DES SYSTEMES AGRAIRES

- 1 Situations géographique et démographique**
- 2 Une unité historique ancienne**
- 3 Le milieu physique**
- 4 Une diversité des situations géographiques et agraires**
- 5 Les trois villages d'étude**

Figure 1 : Carte de situation

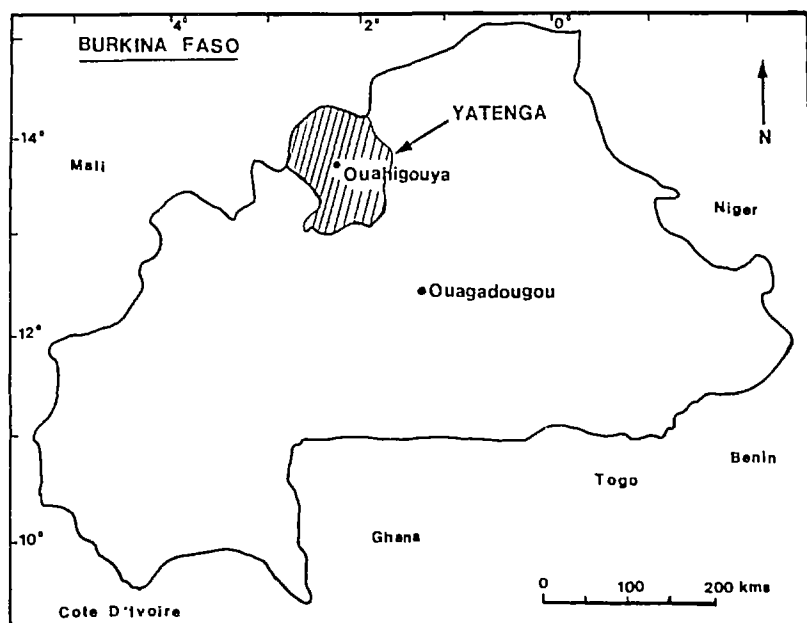
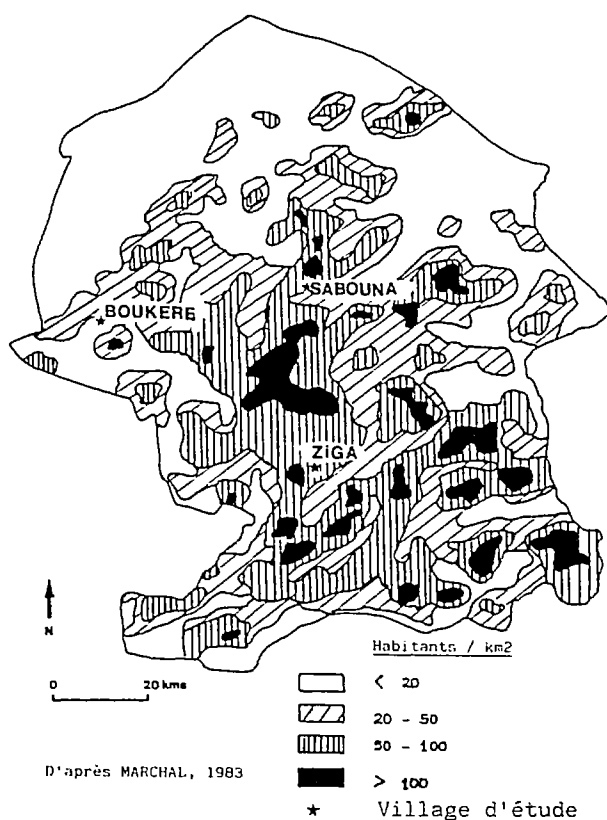


Figure 2 : Variation de la densité de population du Yatenga



**LE CADRE DE L'ETUDE :
DESCRIPTION DU MILIEU
PHYSIQUE ET HUMAIN, ZONAGE
DES SYSTEMES AGRAIRES**

La description des systèmes agraires du Yatenga a fait l'objet de plusieurs publications détaillées (BILLAZ, 1980 ; MARCHAL, 1983 ; M.J. DUGUE, 1987). Outre le constat sur l'évolution des systèmes agraires face aux aléas climatiques des vingt dernières années, ces travaux font ressortir une diversité de systèmes agraires et de systèmes de production que l'on ne remarque pas a priori dans les paysages assez monotones et uniformes que l'on rencontre en parcourant le Yatenga.

1 - SITUATIONS GEOGRAPHIQUE ET DEMOGRAPHIQUE

La province du Yatenga, située au Nord-Ouest du Burkina Faso (figure 1) couvre une superficie de 12 300 km² soit 4,5 % du territoire de ce pays. Le Yatenga fait historiquement partie du plateau Mossi et constituait jusqu'à la fin du XX^e siècle un royaume indépendant. Cette situation politique stable durant plusieurs siècles - le royaume du Yatenga ayant été fondé à la fin du XV^e siècle - a permis une colonisation Mossi importante puis un accroissement démographique régulier qui s'est accéléré au XX^e siècle (tableau 1).

Tableau 1 : Accroissement démographique au Yatenga (1910-1985).

Année	1910	1930	1960	1975	1985
Population du Yatenga	200 000	300 000	400 000	530 000	537 205
Densité en hab./km ²	16	24	32	43	43,6
Pourcentage de la population du Burkina Faso	-	-	-	9,5	6,7

Alors que la population du Burkina Faso a connu un taux net d'accroissement annuel de 3 % de 1975 à 1985, la population résidente au Yatenga n'aurait pas augmenté ces dix dernières années. L'accroissement démographique correspondrait à peu près à l'émigration. Cette hypothèse qui doit être confirmée par les démographes est remarquable en Afrique de l'Ouest ; la période 1970-1985 a été très certainement une des périodes de ce siècle les plus difficiles pour les exploitants agricoles du Yatenga (années à pluviométrie très déficitaire 1970 à 1975, 1982 à 1985).

Parallèlement le développement de la culture du coton dans l'Ouest du Burkina Faso à partir des années 1970 et la pérennisation de l'installation Mossi en Côte-d'Ivoire dans les régions productrices de café et de cacao, ont été des facteurs encourageant la migration des hommes dans un premier temps puis de familles entières.

La population originaire du Yatenga actuellement émigrée en Côte-d'Ivoire ou dans d'autres provinces du Burkina est difficile à estimer. Certains migrants sont installés avec leurs familles dans ces régions d'accueil depuis une ou deux décennies et ne reviennent au Yatenga qu'épisodiquement ; d'autres pratiquent une alternance de migrations de courte durée (6 mois à 2 ans) et de séjours dans leur village d'origine où ils cultivent avec leurs pères ou leurs frères... Les migrations courtes ont pour objectifs principaux l'approvisionnement en céréales de la famille restée au Yatenga en période de pénurie importante (1984-1985) et l'obtention des revenus nécessaires pour les mariages des jeunes. La population féminine représente 54 % de la population totale du Yatenga et BILLAZ (1980) estime que pour la tranche d'âge 20-29 ans un homme sur deux est absent. Les flux migratoires permettent donc de ralentir voire de stabiliser l'accroissement de la population résidente au Yatenga (dont 95 % vit de l'agriculture) et d'injecter dans l'économie de la région des revenus monétaires indispensables en cas de mauvaise récolte.

Quelles que soient les contraintes à la production agricole ou les théories sur la rentabilité des actions de développement dans ces régions à forts aléas climatiques, le développement du Yatenga qui concerne plus d'un demi million d'habitants ne peut pas être absent de la politique agricole et économique du Burkina Faso.

2 - UNE UNITE HISTORIQUE ANCIENNE

L'implantation des Mossi au Yatenga dès le XV^e siècle a concerné en premier lieu le Centre et le Sud de cette province. Elle s'est étendue ensuite aux zones périphériques du royaume repoussant la population Dogon au Nord-Ouest de la province (actuellement frontalier avec le Mali). L'autre ethnie endogène les Kurumba (ou Fulsé) situés principalement dans le Centre-Nord de la province sont restés sur place, s'assimilant petit à petit aux Mossi. La répartition entre les diverses ethnies était la suivante en 1972 :

- Mossi : 67 %	}	85,5 %
- Kurumba : 18,5 %		
- Fulbe (Peul), Rimaïbe : 9 %	}	13,5 %
- Silmi-moose : 4,5 %		
- Dogon : 0,5 % (zone périphérique Nord-Ouest)		
- Samo : 0,5 % (zone périphérique Sud-Ouest)		

Le groupe des agriculteurs Mossi-Kurumba est largement majoritaire, il est présent dans toutes les sous régions du Yatenga même au Nord où le groupe des éleveurs peul domine (Fulbe, Rimaïbe, Silmi-moose).

Ces migrations des Mossi à l'intérieur du Yatenga de la zone centrale vers la périphérie ont participé au façonnage de la province en plusieurs petites régions agricoles et expliquent les différences importantes de densité de population : de 100 hab./km² au centre à moins de 20 à la périphérie (figure 2). Le peuplement Mossi s'est organisé en villages regroupant plusieurs familles ou lignages. . Au pouvoir central Mossi incarné par le « Yatenga Naaba », chef du royaume du Yatenga - installé à Ouahigouya - s'est substitué au début du XX^e siècle le pouvoir colonial. Après 1961 date de l'indépendance, le Yatenga est devenu un des départements de la République de Haute-Volta. En 1984 le découpage du Burkina Faso en 30 provinces a épargné le Yatenga qui de département est devenu province sans modification territoriale ; ce découpage administratif se répercute évidemment sur l'implantation des services techniques de développement. Ainsi l'ORD (organisme régional de développement) du Yatenga créé en 1971 et chargé du développement de l'agriculture, a toujours concerné la même zone géographique. Au fil des années le Yatenga est resté une entité géopolitique forte, à dominante Mossi, centrée sur sa capitale Ouahigouya.

3 - LE MILIEU PHYSIQUE

3.1 - Le modelé physique :

le Yatenga à la marge du plateau Mossi et du Sahel Burkinabè

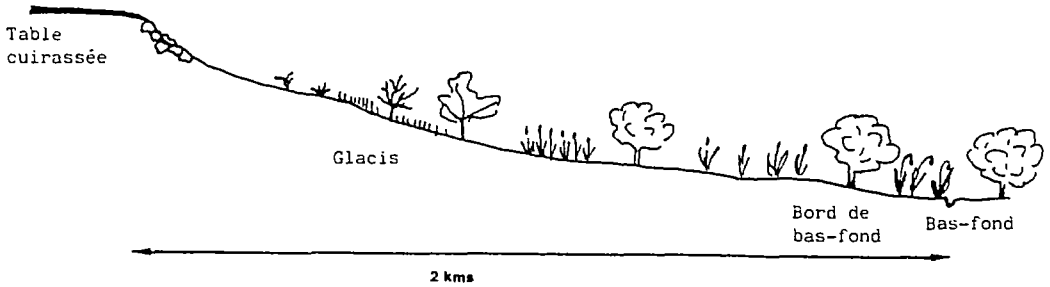
Les modelés, les types de sol et la végétation qui y sont associés ont été largement décrits par MARCHAL (1983) pour l'ensemble du Yatenga et plus particulièrement pour la région centre correspondant au périmètre du projet de restauration des sols du GERES (1960-1963).

Pour résumer, on peut considérer que la moitié Sud du Yatenga correspond à la zone septentrionale du plateau Mossi (alternance de tables cuirassées et de dépressions). On y retrouve les formations végétales caractéristiques du Plateau Mossi bien que dégradées : la savane arborée surtout localisée dans les zones basses (caïlcedrat, tamarinier, raisinier, néré) et sur les champs les plus fertiles à base d'*Acacia albida*, néré, *Sclerocaria birrea* et Karité (savane-parc) ; le haut des pentes est recouvert par des formations très dégradées comprenant de vieux arbres (*Combretum micranthum*), des arbustes (*Guiera senegalensis*) et une strate herbacée peu dense à base de *Loudetia togoensis*.

La zone centrale est intermédiaire entre le Plateau Mossi et l'erg dunaire situé plus au Nord. On peut remarquer des zones de pénélaines ou de glaciés à sol sableux de surfaces importantes - la végétation évolue vers des formations plus typiquement sahéliennes avec une forte régression du karité et du néré que l'on retrouve uniquement dans les zones de bas-fond : les arbres et arbustes épineux dominent avec apparition de taches à base d'*Acacia seyal*, *Acacia radiana* et de Balanites dispersés. Quelques parcs à *Acacia albida* subsistent

Figure 3 : Toposéquence type du Centre Yatenga

. L'exemple du village de Ziga



* Tableau 2 : Classification et caractéristiques des terrains.

Type de terrain	Dénomination vernaculaire	Unités de paysage associées	Vocation agricole	Comportements hydriques
Terrains caillouteux	Tanghin	Colline bas de colline	Pâturage	Réserve utile très limitée ou négligeable ruissellement important sur terrains gravillonnaires
	Kougouri	Affleurement cuirassé	Mil	
Terrain gravillonnaire	Zinka (Bissigu-Zinka)	Haut de pente	* Mil, parfois maïs sur champ de case * Pâturage	" "
Terrain sableux	Bissigu, Binsgu	Plaine et dépression sur glacis	Mil, arachide, niébé	Peu ou pas de ruissellement infiltration rapide de l'eau en profondeur
Terrain sablo-argileux	Bissidagaré	Glacis	Idem	Ruissellement important sur terrains cultivés depuis longtemps et pauvre en matière organique, réserve utile comprise entre 90 mm et 100 m
Terrain argilo-sableux	Dagare (hors Sahouna) Bolga	Dépressions localisées et bord bas-fond	Mil et sorgho	
Terrain de bas-fond	Baongo (parfois Bolga)	Bas-fond	* Sorgho, riz (zone inondée) vergers de manguiers * Pâturage	Réserve utile importante infiltration de l'eau dans le sol peu rapide d'où stagnation
Terrain d'origine verticale (sol brun)	Dagaré (Sahouna) ou Giagakiequina	Dépression périphérique des collines birrimiennes	Mil, sorgho	Terrain à forte réserve utile mais demande une quantité d'eau importante en début de cycle
Terrain sablo-argileux découpé : terrain dégradé	Zappelé	Glacis érodé	Nulle	Ruissellement quasi total infiltration négligeable

La zone septentrionale est caractérisée par de vastes plaines sableuses, à faible pente, couvrant la majeure partie de la région. La végétation est constituée à la fois de savane steppique à dominante herbacée, de savane arbustive dégradée et d'une savane arborée localisée le long des axes de drainage - ces paysages exploités en majorité par les éleveurs. Peul rappellent ceux que l'on peut rencontrer dans les provinces sahéliennes du Burkina (Oudalan, Seno, Soum).

3.2 - Les différentes unités de paysage : **une variation importante des types de terrains**

A l'échelle du territoire d'un village, les unités de paysage et les terrains qui y sont associés, s'organisent selon le gradient de pente ou la toposéquence. Avant de présenter les types de sol ou de terrain qui constituent le substrat de l'agriculture, il est nécessaire de présenter schématiquement une toposéquence type (figure 3).

La pente est faible (de 0,5 % à 2 % si l'on exclut la pente des collines et des affleurements cuirassés). Ces paysages qui paraissent monotones surtout en saison sèche, sont organisés autour du réseau d'écoulement de l'eau de pluie. Ceci est d'autant plus marqué en année à pluviométrie déficitaire lorsque la végétation annuelle naturelle ou cultivée apparaît presque exclusivement le long des talwegs, dans les bas-fonds et dans les cuvettes.

A chaque unité de paysage correspond un ou des types de sol caractéristiques. Nous préférons employer le terme de terrain qui associe aux caractéristiques pédologiques des sols, leur situation topographique. Notre classification des terrains repose en partie sur la terminologie vernaculaire *moore* couramment utilisée par les paysans (tableau 2) [BARRO, 1981]. Ceci facilite le dialogue avec les producteurs lorsque l'on veut raisonner l'implantation d'expérimentations par rapport à la diversité du milieu physique. On peut regrouper ces huit types de terrains en quatre grands groupes :

- les terrains non cultivables sur cuirasse (lithosol) ;
- les terrains squelettiques à faible réserve hydrique (< 60 mm) sols gravillonnaires, sols peu profonds ($< 0,50$ m) sur cuirasse, sols caillouteux des collines birrimiennes ;
- les terrains à réserve utile moyenne (60-120 mm), non hydromorphes (sols ferrugineux tropicaux) qui regroupent les terrains sableux où l'on observe peu de ruissellement et les terrains argilo-sableux, sablo-argileux où le ruissellement peut être intense ;
- les terrains à forte réserve hydrique (> 120 mm), hydromorphes en saison des pluies qui regroupent les terrains de bas-fonds, de talwegs et les sols bruns (pour ces derniers l'hydromorphie n'est observée que si la saison des pluies est normale ou supérieure à la moyenne).

La répartition de ces trois groupes de terrains est variable d'un village à un autre. On peut retenir pour la région centre-Yatenga les chiffres suivants (GERES, 1965).

- terrains non cultivables :	40 %	
- terrains cultivables :		
. terrains à faible réserve hydrique :	20 %	} 60 %
. terrains à réserve hydrique moyenne :	27 %	
. terrains à forte réserve hydrique :	13 %	

Les sols bruns couvrent de faibles surfaces et sont uniquement associés au relief birrimien. L'importance accordée aux terrains de culture squelettiques est variable d'un village à un autre selon que le foncier est saturé ou non. Avec la persistance des années sèches les paysans lorsqu'ils avaient des parcelles ailleurs, ont préféré abandonner ces terrains - ainsi les collines birrimiennes de Sabouna ne sont plus cultivées depuis 1983-1984 et de larges espaces de terrains gravillonnaires sont laissés en jachère («jachère» virtuelle car la végétation naturelle herbacée y est quasiment absente).

Les terrains hydromorphes sont totalement cultivés sauf lorsque les risques d'inondations qui anéantissent les cultures sont trop importants. Dans ce cas on retrouve les pâturages de bas-fond qui recouvraient la majeure partie de ces terrains il y a vingt ans. La mise en culture des zones basses s'est généralisée après la période sèche 1970-1974. On peut noter en 1986, année la plus pluvieuse pour la période 1982-1987, d'importants échecs en bas-fonds dûs à des excès d'eau (parfois stagnation d'eau libre durant quatre à six jours sur une parcelle de sorgho). Certains paysans ont même renoncé à cultiver certaines parties de bas-fond. L'érosion hydrique, cause majeure de la dégradation des terres, touche principalement les terrains situés en haut ou en milieu de pente. Elle se caractérise par un décapage de l'horizon de surface qui aboutit à l'apparition de sol gravillonnaire sur cuirasse ou de sol sablo-argileux colmaté appelé en moore *zipellé* (cf. II^e partie 3.3.2).

3.3 - Le climat

Le climat est de type sahélo-soudanais (AUBREVILLE, 1949) caractérisé par une longue saison sèche (novembre à avril) et une saison des pluies de courte durée (mai à octobre). Les températures moyennes se situent entre 26 °C et 31 °C avec un minimum en janvier et en août et un maximum en avril-mai. Si l'on retient les moyennes pluviométriques de la période 1950-1987, la province du Yatenga est comprise entre l'isohyète 500 mm au Nord et l'isohyète 650 mm au Sud. La pluviométrie est caractérisée par une forte variabilité interannuelle (de 300 à 900 mm à Ouahigouya) et une répartition des précipitations plus ou moins satisfaisante pour les cultures durant la saison des pluies. L'aléa pluviométrique apparaît comme la contrainte majeure de la production agricole (cf. II^e partie 3.2).

3.4 - Une description rapide des systèmes de culture

Le système de culture n'est pas une caractéristique du milieu physique mais correspond à un mode d'exploitation de ce milieu. Mais afin d'améliorer la compréhension des chapitres suivants nous présentons ici succinctement les deux systèmes de culture principaux⁽¹⁾ :

(1) L'analyse détaillée des systèmes de culture et leur évolution sera reprise dans la troisième partie.

Le système de culture de bas-fond est caractérisé par une prédominance du sorgho (85 % de la surface, le reste est cultivé en mil et en riz) et des sols argileux. L'engorgement et les inondations sont fréquents et favorisent l'enherbement qui est souvent difficilement maîtrisable. Dans ces conditions les cultures doivent être conduites entièrement manuellement, l'emploi de matériel de culture attelée est difficile voire impossible. Du fait du fort ruissellement dans ce type de terrain, il n'y a pas d'apport de fumure organique et minérale. La place de ce système de culture est fonction de l'importance des bas-fonds au niveau du village : de 10 à 15 % des surfaces cultivées à Sabouna et Boukéré, environ 8 % à Ziga.

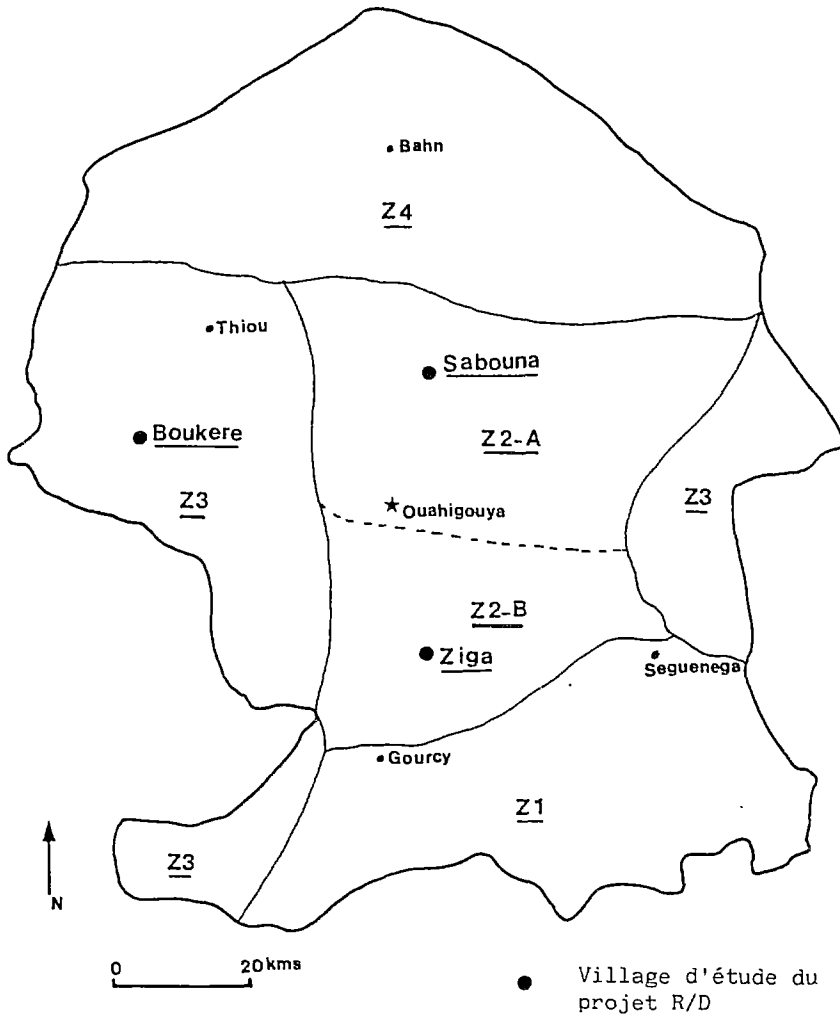
Le système de culture de glacis : le mil représente la culture principale (75 à 90 % de la surface cultivée en glacis selon les villages) nettement devant le sorgho (5 à 25 %). Le maïs (2 à 3 % de la surface cultivée totale) est réservé aux petits champs de case. L'arachide et le pois de terre (*Voandzeia subterranea*), cultures en régression, ne couvrent plus que 5 à 10 % de l'espace cultivé hors bas-fond. Le niébé est toujours associé à faible densité (2 000 à 5 000 pieds/ha) aux céréales. Les cultures sont le plus souvent conduites manuellement bien que la culture attelée ait fait l'objet de campagnes de vulgarisation - 8 % des surfaces cultivées au Yayenga sont actuellement concernées par ces techniques, principalement pour la préparation du sol avant semis, seulement 3 % de la surface sont sarclées mécaniquement (BARRA, 1976 ; DUGUE, 1985). La fumure organique est épandue sur les parcelles de case en priorité mais aussi de plus en plus sur des parcelles plus éloignées. La fumure minérale lorsqu'elle est utilisée, est épandue à faible dose (< 20 kg/ha).

4 - UNE DIVERSITE DE SITUATIONS GEOGRAPHIQUES **ET AGRAIRES : LE ZONAGE DU YATENGA**

L'histoire des peuplements Mossi (du centre vers la périphérie), le gradient pluviométrique Nord-Sud et la diversité des types de sol sont les critères principaux d'un zonage du Yatenga. Nous nous attacherons surtout à présenter la diversité des systèmes agraires qui a été étudiée par M.J. DUGUÉ (1987) à partir d'une enquête portant sur 60 villages du Yatenga (environ 10 %).

On a pu distinguer quatre grandes zones (figure 4)

Figure 4 : Les différentes zones agroécologiques du Yatenga



• La zone la mieux arrosée ou zone Sud (Z1)

Auparavant les systèmes de culture étaient basés sur la culture du sorgho sur les terrains gravaillonnaires et sablo-argileux. Les bas-fonds étaient réservés au pâturage et à la culture du coton (1960-1970). Actuellement du fait de la forte densité de population, de la diminution des rendements, il y a une extension des cultures par réduction des jachères, mise en culture des bas-fonds et remplacement hors des bas-fonds du sorgho par le mil. Les terrains sableux sont peu étendus. Les innovations techniques (culture attelée, engrais) ont été assez largement diffusées lorsqu'il y a eu une action de vulgarisation (régions de Gourcy, de Séguenega).

• La zone centrale (Z2)

Elle correspond à l'ancien périmètre du GERES caractérisé par une forte densité de population (de 70 à 100 hab./km²), une saturation du foncier cultivable et une dégradation des terrains situés sur le glacis. Les ressources en bois de chauffe et en fourrages sont à peine suffisantes par rapport aux besoins des populations et des troupeaux. Les surfaces en sorgho et en arachide ont nettement régressé laissant la place à la monoculture du mil associé au niébé. La différence entre les villages repose principalement sur la qualité des terrains et l'importance des bas-fonds. Les organisations de développement ont privilégié cette zone du fait de la proximité de la capitale régionale Ouahigouya. Ceci est assez remarquable pour la diffusion de culture attelée ; on a pu distinguer une sous-zone (Z2-A) au nord (Centre-Nord Yatenga, village de Sabouna) plus dégradée (érosion en ravine...) dont la végétation est plus xérophYTE que celle rencontrée dans la zone Z2-B [Centre-Sud Yatenga, village de Ziga] qui rappelle par ses paysages le plateau Mossi central.

• Les marges du Yatenga : les zones périphériques Ouest et Est (Z3)

Ces zones ont une caractéristique commune : leur faible densité de population (< 20 hab./km²). Quels que soient les types de terrains que l'on y rencontre les paysans peuvent encore pratiquer la jachère de moyenne et longue durée et choisir les terrains de culture qui leur semblent les mieux adaptés aux conditions de sécheresse actuelles. On a pu observer des phénomènes d'érosion sur les hauts de pente et glacis du fait de la dégradation de la végétation naturelle suite aux années sèches (1982-1984), ce qui réduit sensiblement l'espace cultivable. Toutefois les ressources en bois de feu et en fourrage sont encore aujourd'hui suffisantes. Eloignées de la capitale régionale ou de centres semi-urbains (comme Gourcy) ces régions sont caractérisées par une très faible diffusion des innovations techniques et même par une méconnaissance de ces techniques par les producteurs (village de Boukéré par exemple).

• La zone septentrionale (Z4) « La marge sahélienne »

Cette zone est moins arrosée que les précédentes et présente des caractéristiques sahéliennes de végétation et de système d'exploitation du milieu. Les systèmes agraires reposaient sur la complémentarité entre les systèmes d'élevage Peul ou Rimaïbe et les

systèmes de culture Mossi et Kurumba (parcage des troupeaux, échange de lait contre du mil). Actuellement les troupeaux ont fortement régressé quantitativement et qualitativement (baisse de la production laitière bovine), et l'on note un accroissement des surfaces cultivées par les éleveurs. Cette région, faiblement peuplée actuellement (densité moyenne inférieure à 20 ha/km²), dispose encore d'un potentiel de ressources fourragères important.

Ce zonage fait apparaître la diversité des systèmes agraires du Yatenga qui implique différentes politiques agricoles et différentes solutions face à la crise actuelle. Une stratégie de développement unique pour la province privilégiant ou non l'intensification des systèmes de cultures, aurait certainement peu de succès.

5 - LES VILLAGES D'ETUDE :

TROIS SITUATIONS AGROECOLOGIQUES DIFFERENTES

5.1 - Le choix des villages

Notre étude a été réalisée à partir de résultats d'enquêtes et d'expérimentations agronomiques menées dans trois villages du Yatenga. Le choix de ces villages tenait compte de leur localisation par rapport au zonage précédent et de l'intérêt des populations à collaborer avec une équipe de chercheurs. Ce dernier critère a été laissé à l'appréciation de l'ORD qui nous a orienté vers des villages réputés dynamiques où des opérations de développement étaient menées depuis plusieurs années. L'objectif majeur du projet R-D étant d'améliorer la production vivrière, notre choix s'est porté sur des villages Mossi et Fulsé à dominante agricole (productions végétales).

Ce choix a privilégié les villages ayant des contacts fréquents avec les organismes de développement mais a permis d'intervenir dans trois régions du Yatenga aux caractéristiques agroécologiques différentes (figure 4) :

- le village de Sabouna dans le Centre Nord (Z2-A) ;
- le village de Ziga dans le centre Sud (Z2-B) ;
- le village de Boukéré dans la zone périphérique Ouest (Z3).

5.2 - Les villages d'étude : description et comparaison

Il y a une trentaine d'années les lions et les hyènes attaquaient les troupeaux des paysans de Boukéré ; à la même époque les travaux du GERES débutaient à Ziga et Sabouna. Dans ce village les formations arborées des collines étaient déjà bien dégradées du fait des prélèvements des charbonniers de Ouahigouya. Les paysans Mossi de Sabouna (quartier de Kerga)⁽¹⁾ avaient déjà des problèmes pour trouver de la terre - densité dans

(1) Le quartier de Kerga a été fondé au XIX^e siècle par des Mossi de la famille royale de Ouahigouya sur les terres du village de Sabouna. Administrativement, ce quartier constitue aujourd'hui un village (avec ses structures politiques propres), mais il n'a pas de territoire dissocié de celui de Sabouna. Ceci explique pourquoi nous avons préféré considérer les deux villages comme une même unité.

cette zone dépassant 65 hab./km² en 1952 - Le quartier Peul de Tingsobaré était constitué d'une dizaine de familles gardant des troupeaux bovins prospères et les parcs sur les champs des Mossi étaient courants. A Ziga, village Mossi, la densité à la même date était de 55 hab./km². Un peu plus tard (1970-1980) les paysans de ces deux villages du Centre Yatenga furent encouragés par les organismes de développement à accroître leur surface de cultures de vente (coton puis arachide) et à s'équiper en outils de culture attelée. A la même période les paysans de Boukéré entretenaient peu de relations avec l'administration et voyaient très rarement l'agent d'encadrement agricole de leur secteur.

Il serait facile de continuer les comparaisons et en remontant dans le temps de faire surgir les images d'une région décrite comme prospère jadis par la mémoire collective des habitants de cette région.

Ces quelques images du passé montrent déjà des différences entre les trois localités qui constituent le cadre de nos travaux. Sans faire une présentation précise du milieu physique et humain des trois villages on peut en rappeler les grands traits.

SABOUNA : ce village est situé dans la zone Centre Nord (Z2-A) caractérisé par une forte densité de population : 64 hab./km² (3 000 habitants pour 4 680 ha environ). Le paysage ouvert (figure 5A) est dominé au Nord par une chaîne de collines birrimiennes. En périphérie des collines, une dépression (sol brun eutrophe) constitue les meilleurs terrains de culture de la zone (quartier Bamba). Le finage est ceinturé à l'Est et au Sud par un large bas-fond plat (10 % du territoire) facilement exploitable. La partie centrale est constituée de terrains plus pauvres, ferrugineux tropicaux, peu profonds et dégradés. A l'Est une plaine sableuse porte en année pluvieuse les plus belles parcelles de mil du village. Par rapport aux deux autres villages, les terrains de culture de Sabouna sont de meilleure qualité du point de vue de la fertilité physique mais la présence d'un relief marqué de collines a favorisé l'érosion en ravine sur des sols bruns profonds et bien structurés.

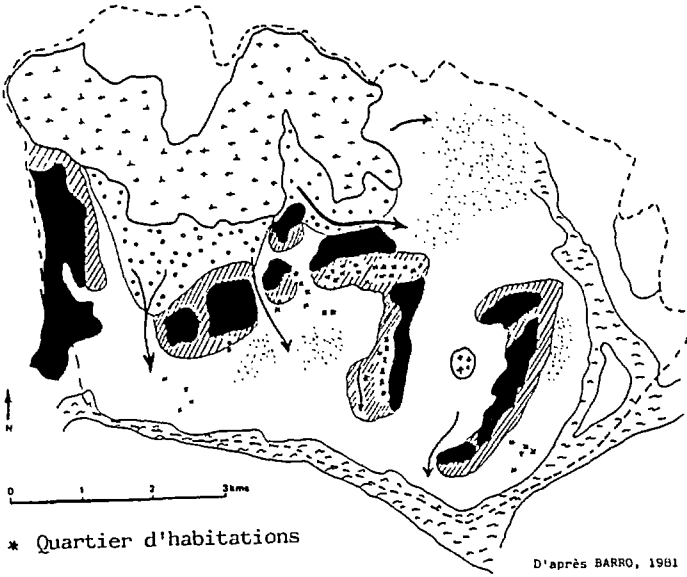
La végétation naturelle y est très dégradée. L'approvisionnement en bois de feu devient problématique et les résidus culturels comme la paille de sorgho et de mil sont utilisés comme combustible. Les ressources fourragères sont limitées et surexploitées, les résidus de cultures représentent la majeure partie de l'alimentation des troupeaux sept mois sur douze.

Sabouna a été depuis la création de l'ORD (1970) un village fortement encadré. De multiples opérations s'y sont développées : lutte contre l'érosion, construction d'une banque de céréales et d'une école, installation d'un périmètre maraîcher...

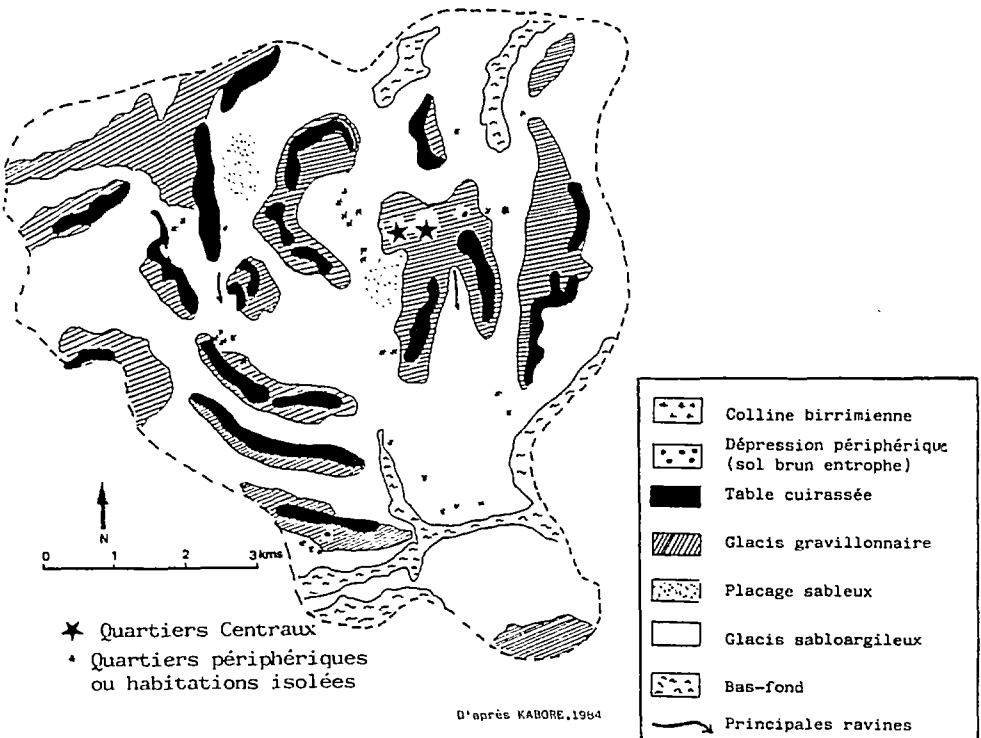
C'est en 1979 que le projet Recherche-Développement y a débuté ses travaux qui se sont intensifiés à partir de 1982. Ce village réputé dynamique dans la région surtout grâce à la capacité d'organisation du président des groupements villageois, a connu « la fièvre de l'or » durant la saison sèche 1986-1987 suite à la découverte d'un site aurifère sur son territoire, fièvre qui semble retombée en 1988 du fait de l'appauvrissement du filon.

Figure 5 : Cartes morphopédologiques simplifiées des
3 villages d'études

a - Sabouna



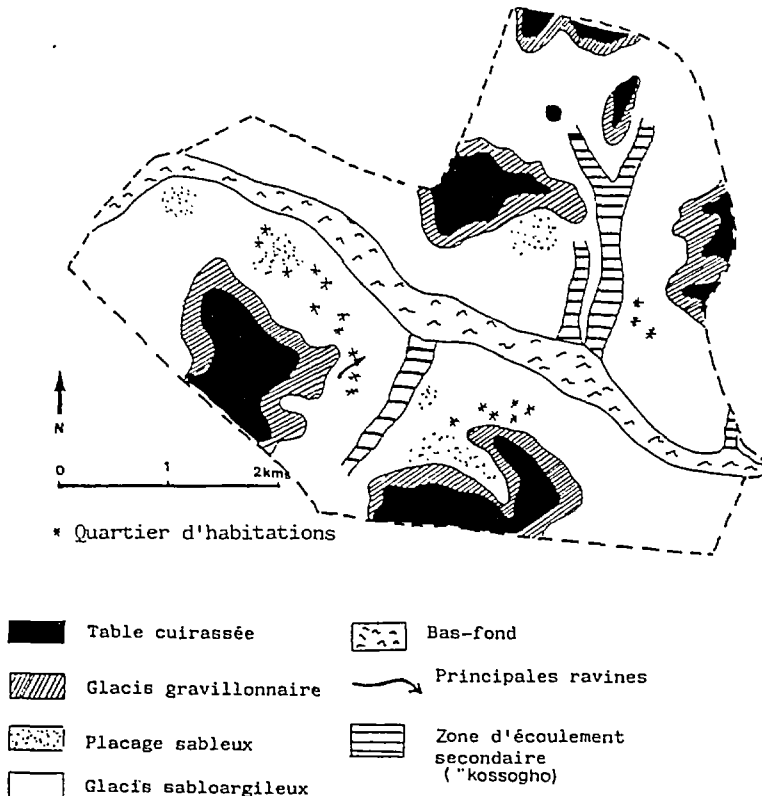
b - Ziga



ZIGA : ce village situé dans le Centre Sud Yatenga (Z2-B) est caractérisé par la plus forte densité de population des trois villages étudiés, 75 hab./km² (3 800 habitants pour 5 000 ha environ). Le paysage est constitué de nombreux quartiers de culture séparés par des crêtes cuirassées disposées en auréoles (figure 5-B). Les terrains de culture sont en grande majorité ferrugineux tropicaux, peu profonds et peu fertiles sauf le centre de ces petites plaines qui sont plus riches en éléments fins et concentrent l'eau de ruissellement. Le Sud du terroir est constitué d'un bas-fond plat peu étendu.

Les formations végétales sont très dégradées sauf au centre des quartiers de culture où l'on note la présence de Karités assez âgés. L'érosion en ravine est quasiment absente en revanche on observe une forte érosion en nappe. Les terrains de culture sont plus pauvres, en général, dans ce village, qu'à Sabouna et Boukéré ; du fait de la saturation foncière les jachères ont pratiquement disparu. Ainsi certains paysans n'ayant pas accès aux terres de bas-fond sont contraints de cultiver les quelques terrains sur glacis dégradés dont ils ont hérités. Depuis une trentaine d'années, Ziga a connu un développement continu de ses infrastructures (école, dispensaire, banque populaire [1986], moulin villageois). Comme à Sabouna, les groupements de paysans de Ziga sont réputés dynamiques. Ce dynamisme repose sur une dizaine de notables ouverts aux innovations techniques. Le niveau technique des paysans est plus élevé que dans les deux autres villages ; la diffusion est l'adoption du sarclage mécanique remonte à une dizaine d'années alors qu'à Boukéré et Sabouna les premières démonstrations ont débuté en 1985 dans le cadre du projet R-D.

Figure 5 : c - Carte morphopédologique simplifiée de Boukéré



Les difficultés d'approvisionnement en eau, à l'inverse de Sabouna ou de Boukéré où l'eau des nappes n'est pas une ressource rare, limitent à Ziga le développement de l'élevage ainsi que des périmètres maraichers.

BOUKERE : situé dans la zone périphérique Ouest (Z3), Boukéré a été créé il y a une soixantaine d'années par des familles musulmanes souhaitant quitter leur village d'origine Tallé à majorité animiste. C'est donc un village de création récente par rapport aux deux autres (Ziga plus de deux siècles et Sabouna environ 150 ans).

La densité de population y est de 26 hab./km² (630 habitants pour 2 400 ha). La terre n'est pas a priori un facteur rare mais la répartition du foncier n'est pas la même pour toutes les familles. Certains paysans n'ont pas accès aux terrains de bas-fond par exemple. Néanmoins les possibilités de mise en jachère⁽¹⁾ existent. Le terroir villageois est organisé autour d'un bas-fond où circule un cours d'eau endoréique et de plusieurs diverticules qui canalisent l'eau vers l'exutoire principal (figure 5C).

Les formations végétales sont peu dégradées sauf en haut de pente, le bois de feu et dans une moindre mesure le pâturage ne sont pas des ressources rares. Mais depuis une dizaine d'années on note l'apparition et l'accroissement de zones décapées (*Zipellé*) sur des parcelles de culture surexploitées (autour des habitations) mais aussi dans des zones de pâturage traditionnellement non cultivées.

Les producteurs préfèrent, lorsqu'ils en ont les possibilités, exploiter les terrains profonds et qui reçoivent les eaux de ruissellement, situés dans les talwegs (*Kossogo*) ou en bordure du bas-fond. Ce bas-fond est alimenté par un important *im-pluvium* (300 km²), les crues sont remarquables et peuvent inonder les parcelles durant plusieurs jours. En année sèche (1984) cette situation (assez exceptionnelle) permet aux paysans d'avoir une récolte satisfaisante sur ce type de terrain. En revanche si le volume des pluies est important en août (1986 par exemple), les cultures de sorgho de bas-fond sont anéanties.

Eloigné des axes de communication et des centres administratifs (Thiou 25 km, Ouahigouya 50 km) et difficilement accessible en saison des pluies, Boukéré a connu moins d'interventions du développement que les deux autres villages. Néanmoins les paysans de ce village ont eu accès au crédit culture attelée, à une banque de céréale et ont participé à des opérations de reboisement et d'aménagement (programme FEER/ORD, 1978-1980). A l'inverse de Sabouna et Ziga où les notables ont pris en charge l'organisation du développement de leur village, Boukéré village plus récent comprenant trois quartiers d'habitation éloignés les uns des autres a du mal à trouver son unité sociale.

Les phénomènes migratoires vers la Côte-d'Ivoire et l'Ouest Burkina existent bien entendu dans les trois villages. Mais à Boukéré ils touchent une plus faible proportion des jeunes et se caractérisent surtout par des migrations temporaires vers la Côte-d'Ivoire.

(1) Une jachère correspond à une parcelle non cultivée mais ayant gardé toute son aptitude culturale. Les paysans du Yatenga déclarent souvent comme jachère ou réserve foncière d'anciennes parcelles devenues incultes du fait de l'érosion.

Tableau 3 : Comparaison des trois villages. Le milieu et quelques caractéristiques des systèmes de production.

Critères	Iouléré	Sahouna (1)	Ziga
Ethnie	Mossi	Fulbé-Mossi (Peul (2))	Mossi
Population	630	3 000	3 800
Surface totale en hectares	2 400	4 680	5 000
Densité de population hab./km ²	26	64	75
Relief paysage	Toposéquences relief peu marqué axe de drainage central	Toposéquence longue + collines	Toposéquences courtes, nombreux affleurements cuirassés
Bas-fond	Important en surface, mais fortes crues	Moyen - pas de crue	Surface réduite, pas de crue
Importance des jachères	Abondantes	Pas rares à Sahouna, rares à Kerga	Peu abondantes et dégradées
Végétation herbacée	Variée, partout	Pauvre, en tache (surtout <i>Schombardia gracilis</i>) sauf en bas-fond	Pauvre, partout (<i>Loudia</i> <i>togoensis</i> dominant sur cuirassés)
Végétation ligneuse	Buissonnante et arborée, variée Karités nombreux un peu partout	Surtout arborée épaisse, très peu de Karités	Buissonnante et arborée, variée en zone basse : Karités, nérés
Part du sorgho/assolement	20%	10 % à 15 %	30 %
Culture attelée	Rare, abandonnée	Autrefois fréquente, en régression	Encore bien développée, stable
Maraîchage	Un peu (quelques vergers de manguiers)	Un peu	Impossible par manque d'eau

(1) Quartier Mossi de Kerga inclu. (2) Quartier Peul de Tingsohare quasiment dépeuplé depuis 1984.

CONCLUSION

Cette présentation succincte des trois villages d'étude (tableau 3) met en évidence des différences importantes qui ont des répercussions sur les potentialités de production des exploitations agricoles.

A Sabouna et Ziga, le foncier cultivable est saturé et les ressources fourragères sont limitées. Ceci explique en partie que les populations entretiennent des relations économiques étroites avec les migrants originaires de ces villages et soient attirées par des activités extra-agricoles (commerce, orpaillage).

A Boukéré le potentiel de production du village est plus élevé et la population est moindre. Cette situation de relative prospérité⁽¹⁾ pourrait rappeler celle qu'ont connue les villages de Sabouna et Ziga par le passé. Cette hypothèse est difficilement vérifiable, en revanche l'évolution récente de systèmes de production de Boukéré montre que ce village connaît actuellement un processus de dégradation qui rappelle celui rencontré dans les deux autres villages depuis plus de vingt ans.

La lecture des paysages apporte déjà des éléments sur le fonctionnement et sur l'évolution des systèmes de production. Dans cette région où les possibilités d'artificialiser l'agriculture (irrigation, élevage hors sol...) sont actuellement limitées, le niveau de production des systèmes de culture est fortement lié aux potentialités du milieu physique. L'amélioration de ce niveau de production doit donc se raisonner par rapport à ces potentialités et à leur reproductibilité.

(1) Prospérité que l'on mettra en évidence au niveau des bilans vivriers, de la production céréalières et du cheptel, mais qui existe aussi au niveau de la cueillette des produits comme le tamarin, le *néré*; cueillette qui n'existe pratiquement plus à Ziga et Sabouna.

DEUXIEME PARTIE

LES CONTRAINTES A LA PRODUCTION AGRICOLE

- 1 Les concepts de potentialité, de fertilité
et de contraintes à la production**
- 2 Les facteurs limitants d'ordre socio-économique**
- 3 Les facteurs limitants d'ordre physique :
le climat et la fertilité des sols**

LES CONTRAINTES A LA PRODUCTION AGRICOLE

L'évolution des conditions de production au Yatenga, a été largement abordée par MARCHAL (1983) qui a pu mettre en relation les causes expliquant leur dégradation : l'histoire du peuplement du Yatenga, le poids démographique, la fragilité du milieu physique, les traditions de migration du peuple Mossi.

Sans revenir sur ces constatations, il apparaît important avant d'entrevoir les possibilités d'intensification des systèmes de production, de bien évaluer les contraintes à la production agricole. Pour les raisons exposées précédemment, nous développerons principalement les contraintes propres aux productions végétales. Nous aborderons dans un premier temps les contraintes d'ordre socio-économique liées aux règles d'organisation traditionnelles ou à l'évolution sociale récente de ces communautés. Dans un second temps, nous discuterons du poids des contraintes d'ordre physique influant directement sur les systèmes de culture : le climat (principalement la pluviosité) et le niveau de fertilité des sols. Nous nous appuierons pour cela sur les données bibliographiques existantes, notre expérience de terrain, l'analyse fréquentielle du climat à partir des données enregistrées à Ouahigouya depuis 1924 et enfin sur une série d'analyses des sols des trois villages. Avant cela, il paraît important de définir les concepts de potentialité, de fertilité et de contraintes à la production.

1 - LES CONCEPTS DE POTENTIALITES, DE FERTILITE ET DE CONTRAINTES A LA PRODUCTION AGRICOLE

Généralement la définition des potentialités agricoles d'une région repose sur l'étude des sols (carte de vocation des sols), et des conditions climatiques (pluviométrie, température). BOIFFIN et SEBILLOTTE (1982) associent à ces notions, les facteurs socio-économiques qui influent sur l'extériorisation des potentialités physiques. Pour les systèmes de culture d'une région donnée ils définissent trois niveaux de potentialité du milieu :

- la **potentialité théorique** d'un milieu lorsqu'il n'y a aucun facteur limitant ;
- la **potentialité culturelle** d'un système de culture est atteinte lorsque les facteurs de croissance ne sont pas limitants : éléments minéraux, eau. Ceci sous entend que ces facteurs sont sous une forme utilisable et que la plante puisse facilement les utiliser.

Mais généralement le milieu est limitant bien qu'il existe des possibilités techniques de le corriger (fertilisation, amendement) et même de l'artificialiser (irrigation...). Les agriculteurs n'ont pas toujours accès à ces techniques. Dans ce cas le niveau maximum

de production atteint correspond **potentiel agricole**.

Ces concepts élaborés à partir d'expériences agricoles des zones tempérées sont transposables en zones sahélo-soudaniennes à trois conditions :

- si l'on définit préalablement la période de culture pour la zone sahélo-soudanienne comme la saison des pluies (ou la période de pluie utile) ou toute l'année si l'on considère que l'on peut valoriser par l'irrigation l'eau disponible d'un milieu donné ;
- si l'on hiérarchise les facteurs limitants pour une culture. En zone sahélo-soudanienne l'alimentation hydrique des plantes est le facteur limitant prédominant alors que la température n'agit qu'indirectement sur la croissance des végétaux par augmentation de l'ETP (évapotranspiration potentielle) ;
- si l'on prend en compte, dans la définition du potentiel agricole, la forte variabilité des conditions d'alimentation en eau des cultures d'une année à l'autre.

En pratique on peut considérer que les agriculteurs et les agronomes n'ayant pas accès à l'irrigation ne peuvent pas intervenir sur la fourniture en eau des cultures pluviales. En revanche, il est possible, en théorie, de corriger par des techniques appropriées, les autres facteurs limitants du milieu (fertilité en particulier).

Cette notion de potentiel fait clairement référence à celle de **fertilité** d'un terrain. On distinguera trois types de fertilité : la fertilité chimique, la fertilité physique et la fertilité biologique tout en sachant qu'il existe d'étroites relations entre ces trois niveaux. La notion de fertilité physique peu employée généralement, est tout à fait opérationnelle au Yatenga avec les processus de dégradation de l'horizon de surface de certains terrains cultivés. La fertilité d'un terrain reste toutefois un concept de pédologie. En agronomie on utilise, préférentiellement, la notion d'**aptitude culturale** d'un milieu (BOIFFIN, 1980) : les composants de la fertilité influent directement sur l'élaboration du rendement d'une culture mais aussi sur les **conditions d'emploi** et les **coûts des techniques**. Ainsi un sol compacté en surface sera plus long à travailler et il faudra attendre une période de forte pluviosité pour le labourer. L'ensemble des composants de la fertilité et des facteurs qui sont associés définissent donc l'aptitude culturale.

Pour un milieu donné on distingue donc d'une part la potentialité agricole d'un système de culture qui définit une borne supérieure de production, d'autre part l'aptitude culturale qui caractérise ses conditions de fertilité et d'utilisation par les agriculteurs.

L'étude de l'écart entre le niveau des rendements obtenus par les paysans et celui obtenu en parcelle expérimentale permet de distinguer les contraintes exogènes aux systèmes agraires communes aux paysans et aux agronomes (la pluviosité principalement), des contraintes endogènes induites par les producteurs (dégradation de la fertilité des sols ou organisation du travail au sein de l'exploitation...)

2 - LES FACTEURS LIMITANTS D'ORDRE SOCIO-ECONOMIQUE

Les facteurs socio-économiques limitant la production agricole ont une origine historique ou découlent de l'évolution récente des systèmes de production face à la persistance d'années sèches. Si ces facteurs jouent à première vue un rôle moins important sur la production que les facteurs d'ordre physique (eau, fertilité), ils influent grandement sur les possibilités d'adoption d'innovations techniques proposées par les organismes de développement. La présentation de ces facteurs limitants sera focalisée sur l'exploitation agricole et dans une moindre mesure sur les communautés rurales. Ces points seront présentés succinctement à titre introductif puis seront largement développés dans la quatrième partie.

2.1 - Une force de travail et une capacité d'investissement limitées

Les systèmes de culture sont en grande majorité travaillés manuellement. Les surfaces cultivées par actif varient de 0,7 à 1,2 ha selon la disponibilité en terre, les types de terrain cultivés et l'âge de la main-d'œuvre familiale. Le taux d'équipement en matériel de culture attelée se situait autour de 10 % des exploitations agricoles de la province⁽¹⁾ il y a une dizaine d'années et a régressé depuis 1984 autour de 5 à 7 % (DUGUE, 1985).

La force de travail des exploitations agricoles a été affectée par l'augmentation récente des migrations de moyenne durée (1-3 ans). R. BILLAZ (1980) estime que pour la tranche d'âge 20-29 ans un homme sur deux est parti, pour la tranche d'âge 30-39 ans 38 % des hommes sont absents. La population de plus de 40 ans est plus stable : généralement le fils aîné reste au village auprès de son père lorsqu'il est âgé. La proportion d'actifs féminins a augmenté et dépasse dans la majorité des cas 60 % de la main-d'œuvre familiale. Les 40 % restant sont constitués du chef d'exploitation souvent âgé et de jeunes (filles ou garçons) de moins de 16 ans.

Les difficultés économiques, l'augmentation des phénomènes migratoires ont eu comme conséquence sociale l'éclatement des structures familiales larges centrées sur le chef de concession (« Zaka ») et constituées de plusieurs ménages. Cette structure permettait une mobilisation d'un nombre élevé d'actifs (de 10 à 15 actifs) sur une seule unité de production⁽²⁾. Cette importante force de travail avec une répartition équilibrée des actifs des deux sexes, permettait des interventions culturelles rapides et soignées.

Le Yatenga n'a pas connu par le passé un développement de cultures de vente malgré plusieurs tentatives initiées par l'administration (coton, arachide) comme cela s'est produit dans certaines régions d'Afrique de l'Ouest (Bassin arachidier au Sénégal, région

(1) Il faut noter de fortes variations régionales, certains villages comme Ziga, Séguénéga, ont connu un taux d'équipement supérieur à 30 %, d'autres villages n'ont jamais utilisé la culture attelée.

(2) Actuellement les exploitations ayant plus de huit actifs sont très rares. Cette évolution présentée par plusieurs auteurs, doit être replacée dans le temps. Les premières enquêtes (1960-1963) sur la structure des exploitations donnaient une fourchette de quatre à huit actifs par exploitation et soulignaient l'existence de grandes exploitations, souvent celles des chefs de villages, où l'on comptait en moyenne 14 actifs (GERES, 1965). Plus anciennement, TAUXIER (1917) soulignait cette évolution et il était déjà rare que deux ou plusieurs frères travaillent ensemble après la mort de leur père.

de Maradi au Niger). Le processus de capitalisation reposait sur l'élevage et les migrations déjà importantes depuis les années 1950. La persistance d'années de sécheresse (période 1970-1985) a mobilisé toutes les ressources monétaires existantes au niveau des exploitations pour financer les achats vivriers (céréales principalement). Les possibilités d'investissement, en particulier dans le matériel agricole sont donc très limitées depuis longtemps et se sont encore dégradées ces dix dernières années. Même en cas de revenus importants dûs aux activités des migrants ceux-ci sont de moins en moins souvent réinvestis dans l'agriculture⁽¹⁾ ou l'élevage, dans la mesure où ces investissements apparaissent aux yeux des paysans et des migrants surtout, peu rentables et parfois risqués (mortalité élevée des animaux par exemple).

Parallèlement à la réduction de la capacité d'investissement des exploitations, on observe depuis 1984 une paupérisation croissante qui se traduit par une réduction des troupeaux donc une réduction des capacités de fumure des parcelles de culture.

2.2 - Le poids des traditions

De nombreux auteurs soulignent l'émergence d'un esprit individualiste au sein de la société Mossi en ce qui concerne la production et la consommation. Si cette évolution n'a pas que des côtés positifs, elle devrait favoriser les initiatives individuelles au niveau de la production agricole. La famille réduite au ménage et aux enfants peut ainsi promouvoir des projets productifs à moyen et long terme. Les organismes de développement ont longtemps privilégié cette logique et ciblé leurs interventions sur l'exploitation agricole.

La pratique de terrain nous permet de nuancer ces affirmations. Tout d'abord, l'accès au foncier est toujours régi par des règles traditionnelles⁽²⁾ et l'usufruit des terres revient encore actuellement à des lignages. L'exploitant agricole n'est pas propriétaire des terrains qu'il cultive et du fait de l'histoire de la répartition entre les grandes familles du village il doit dans un bon nombre de cas emprunter de la terre à des familles mieux nanties. Cet emprunt n'est pas assujéti à un loyer ou à une quelconque redevance en nature. L'héritage de l'usufruit de la terre ne se fait pas toujours du père au fils mais aussi de frère à frère... Nous sommes loin de la notion d'exploitation agricole employée dans les pays où l'appropriation du foncier est individualisée. Ces règles traditionnelles limitent dans certains cas les possibilités d'intensification, d'amélioration foncière, de reboisement...

Les relations entre les membres d'une même communauté sont toujours influencées ou régies par des traditions ancestrales. Les vieux du village, les notables, les personnes les plus aisées et influentes (Imam, Marabout...) imposent souvent leurs vues, leurs façons d'agir réduisant ainsi l'envie des plus jeunes d'innover, de s'organiser entre eux... Les règles du mariage qui impliquent toujours d'importantes dépenses (cadeaux pour la famille de l'épousée) même en période de crise, ont accentué les phénomènes de migration.

(1) A noter toutefois un intérêt soutenu pour le matériel de transport (charrette) mais ceci est sans commune mesure avec l'intérêt porté à l'achat de vélo, de mobylette et de tôles pour les toitures.

(2) Dans les faits, mais, juridiquement, depuis 1984 la terre appartient à l'Etat, les paysans qui l'exploitent en ont l'usufruit mais l'organisation communautaire villageoise (qui reste à définir et à mettre en place) peut modifier la répartition des terrains de culture selon les besoins et les projets des agriculteurs.

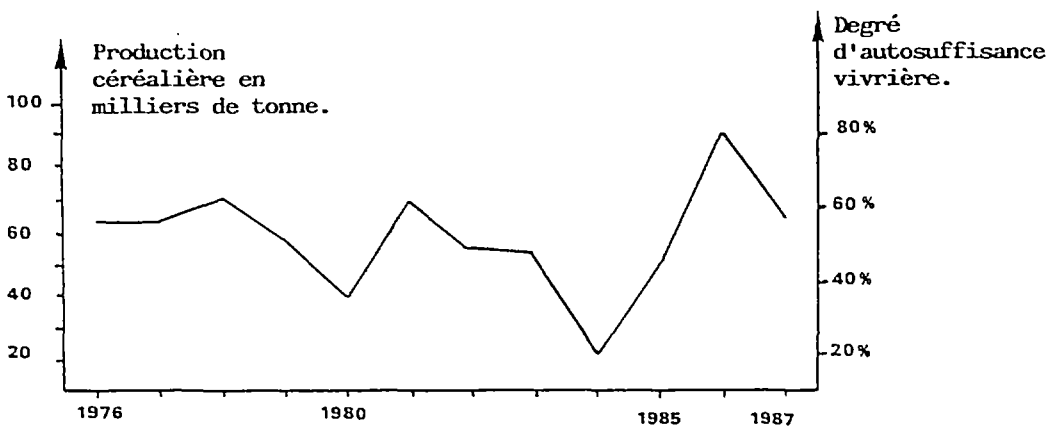
3 - LES FACTEURS LIMITANTS D'ORDRE PHYSIQUE : **LE CLIMAT ET LA FERTILITE DES SOLS**

3.1 - Une approche rapide de la variabilité de la production céréalière régionale

Avant de caractériser les effets des contraintes physiques sur les cultures, analysons les statistiques régionales de production de céréales (mil + sorgho). Le degré d'autosuffisance céréalière de la province du Yatenga pour les 12 dernières années (1976-1987) est très faible (figure 6) et varie entre 40 % et 60 % sauf pour deux années :

- 1984, pluviométrie très déficitaire, l'autosuffisance de la province est estimée à 18 %;
- 1986, pluviométrie bien répartie, autosuffisance estimée à 87 %.

Figure 6 : Variation de la production céréalière du Yatenga
(période 1976 - 1987)



Si l'on considère les statistiques de production fiables, on peut dire en première hypothèse que la contrainte alimentation hydrique influe fortement sur la production (1984 et 1985 faible production, 1986 bonne production) mais qu'il existe d'autres contraintes qui à partir d'un certain seuil de satisfaction en eau des cultures, limitent la production. Ainsi pour des pluviosités moyennes à bonnes (1977, 1979 et 1980) la production de la province stagne à 60 000 t environ (soit 55 % d'autosuffisance) ; elle est probablement dans ce cas limitée par un faible niveau de fertilité des sols.

Il existe par ailleurs des « accidents » qui peuvent réduire la production de céréales : dégâts dûs aux acridiens (1933-1934 et 1940-1942 et 1986 de façon plus limitée sauf dans le Nord du Yatenga) inondations de bas-fonds détruisant les cultures de sorgho...

3.2 - La contrainte climatique

Nous étudierons principalement l'évolution de la pluviosité durant les 50 dernières années. D'autres facteurs climatiques peuvent influencer sur la production agricole :

Figure 7 : Variation de la pluviométrie annuelle à Ouahigouya (Yatenga)
(période 1921 - 1987)

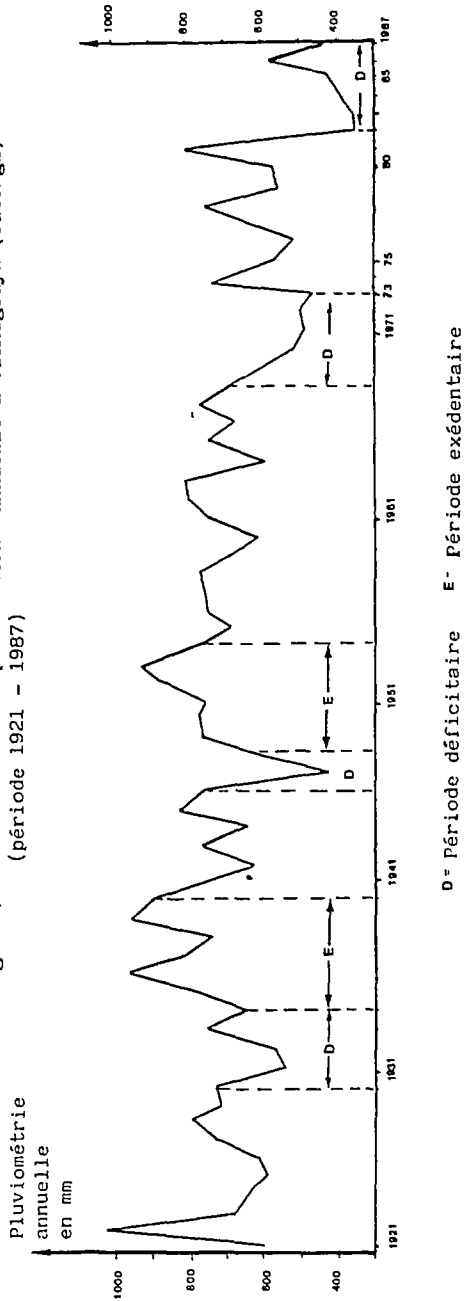
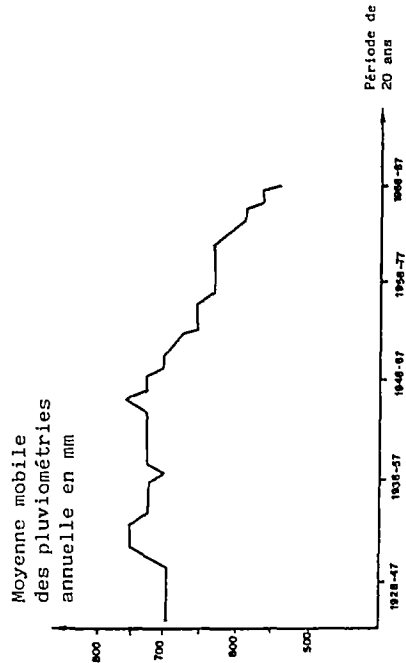


Figure 8 : Variation de la moyenne pluviométrique (poste de Ouahigouya)



le vent principalement (érosion éolienne en saison sèche et destruction des jeunes plants en juin).

3.2.1 - Les caractéristiques et l'évolution de la pluviométrie

a - L'évolution de la pluviométrie annuelle et la durée de la saison des pluies au Yatenga

La pluviométrie annuelle se situait en moyenne à 700 mm-650 mm (figures 7 et 8) jusqu'en 1968 avec des variations et des accidents climatiques, toutefois rares sur la longue période 1924-1968 (1931 : 523 mm, 1932 : 534 mm, 1947 : 413 mm). Durant les 20 dernières années la moyenne n'a pas cessé de diminuer pour atteindre 530 mm soit une perte de presque 200 mm en un demi-siècle. Cette tendance n'est pas irréversible⁽¹⁾ bien entendu. La période 1968-1987, peut donc être qualifiée de sèche. Les années 1970-1973 (quatre années, moyenne 495 mm) sont restées dans les mémoires mais la période 1982-1985 (moyenne 381 mm) a été encore plus sèche et tout aussi dramatique pour les populations. Inversement on ne compte que sept années sur vingt ayant connu une pluviométrie favorable à l'agriculture ($P > 580$ mm).

Une mauvaise année pluviométrique a des répercussions immédiates sur la production des cultures et des pâturages, mais si les agriculteurs disposent de stocks provenant des excédents non consommés les années précédentes, les effets d'une année sèche sont limités. En revanche, une série de mauvaises années (2, 3 voire 4 années consécutives) entraîne une impossibilité de renouveler les stocks céréaliers, de s'auto-suffire en vivres, d'où une augmentation des migrations et une dépendance accrue vis-à-vis de l'extérieur.

Les analyses fréquentielles des pluviométries mensuelles et décadaires (1924-1987) [annexe 1] montrent que les années sèches ont été marquées par une réduction des pluies en octobre, en juillet et surtout en août et par une très faible probabilité d'avoir des pluies en mai. La saison agricole débute effectivement en juin même si certaines années on a pu observer des semis en bas-fond en mai. L'hypothèse le début de la saison c'est-à-dire en début des semis, correspond à la première pluie supérieure à 20 mm suivie d'une décade ayant obtenu la même pluviosité. Une année sur deux, cet événement est probable à partir de la première ou deuxième décade de juin, mais si l'on retient le seuil de probabilité de 80 %, la date de début de saison se situe plutôt à la troisième décade de juin, voire la première décade de juillet. Pour des cultures de 90 jours une année à pluviométrie favorable se caractérise donc par des possibilités de semis réussis en juin ou début juillet et une bonne répartition des pluies du début juillet au 20 septembre au moins sans période sèche importante.

(1) En 1988, la pluviométrie au Yatenga est comprise entre 600 et 800 mm selon les villages.

Figure 9 : Evolution des isohyètes et variation spatiale de la pluviométrie

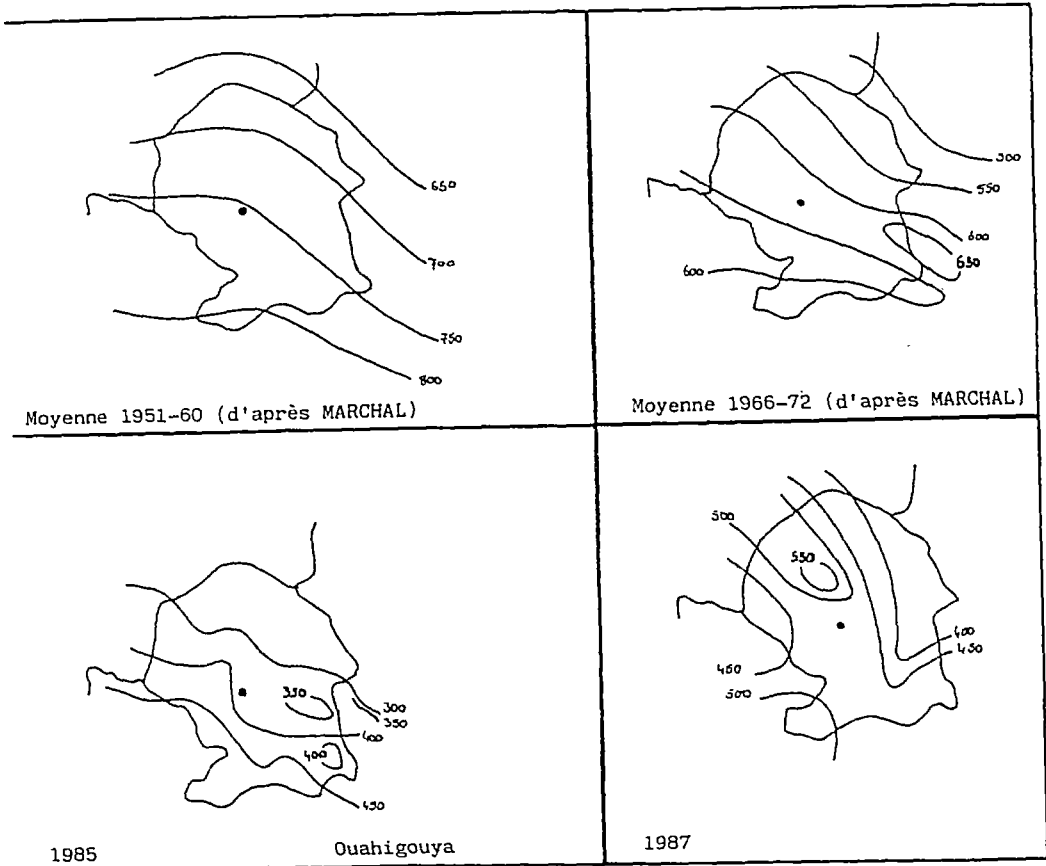


Tableau 3 bis : PLUVIOMETRIES ANNUELLES DES 3 VILLAGES D'ETUDE ET DE OUAHIGOUYA (1982-1987) (en mm)

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	Moyenne 84-87
Sabouna	402	410	282	283	530	589	416
Ziga	394	403	355	441	571	486	461
Boukéré	-	-	280	470	554	412	429
Ouahigouya	361	361	391	421	391	422	456

b - La variation spatiale de la pluviosité

La variabilité de la pluviométrie annuelle est un fait remarquable en zone soudano-sahélienne ces vingt dernières années mais elle ne doit pas occulter les variations dans l'espace à l'échelle d'une région (le Yatenga : 12 300 km²) ou même d'un terroir villageois (50 km²). Les cartes d'isohyètes du Yatenga (figure 9) pour différentes périodes (1951-1960, 1966-1972, 1983, 1985, 1987) illustrent à la fois la baisse de la pluviométrie annuelle (descente de l'isohyète 700 mm nettement au Sud du Yatenga) et la variation de pluviométrie entre le Nord et le Sud de la province (différences de 100 à 150 mm selon les années). En année sèche (1987, 1985) les aléas sont aussi importants mais plus irrégulièrement répartis dans l'espace.

Plus surprenant, à l'échelle d'un terroir villageois on observe ces mêmes variations de pluviométrie annuelle, les écarts (maximum-minimum) les plus importants ont été enregistrés à Ziga en 1985, 132 mm, et à Sabouna en 1986, 100 mm. A Sabouna cette différence bien que grande n'était pas dramatique pour les cultures puisque les six postes répartis sur le village enregistraient 579, 531, 530, 511, 512, 480, et 479 mm, pluviosités satisfaisant les besoins des cultures. En revanche à Ziga en 1985 une partie du village ne porta pas de récolte, la pluviométrie variait de 479 mm à 359 mm (491, 479, 435, 433, 420 et 359 mm). Cette analyse rapide montre une fois de plus l'intérêt pour le paysan d'exploiter un parcellaire réparti sur l'ensemble du territoire du village.

c - La répartition des pluies durant la saison de culture

La répartition des pluies durant la saison de culture a des répercussions aussi importantes sur les cultures que la durée de la saison des pluies et le volume de précipitations annuelles. Dans la majorité des cas (intervalle de longue durée, 1938-1987) on ne note qu'une seule période sèche (> 7 jours consécutifs sans pluie) par an entre le 1^{er} juillet et le 20 septembre, phase optimale pour le développement des cultures (annexe 2).

En revanche en années défavorables (1982-1987), on compte à Ouahigouya au moins trois périodes sèches pour le même intervalle de temps soit environ une par mois (annexe 3). Si une seule période sèche survient durant le cycle cultural les rendements seront certainement affectés, mais si la culture en subit trois durant le même cycle, la récolte entière a des grandes chances d'être compromise.

Les pluviométries annuelles des trois villages correspondent à celles observées au centre du village (tableau 3bis). En 1982-1983 et 1986 la pluviosité est à peu près la même partout, en revanche pour les trois autres années les variations intervillages sont importantes :

- en 1985, Sabouna a reçu moins de 300 mm (pour la deuxième année consécutive) alors que les autres postes recevaient plus de 400 mm de pluies ;
- en 1987, ce fut l'inverse, Sabouna enregistrait une pluviosité de 589 mm (mais avec plus de 250 mm en septembre) et les autres villages seulement 420 à 480 mm ;

Figure 10 : Variation des indices de satisfaction en eau du mil en fonction de la date de semis

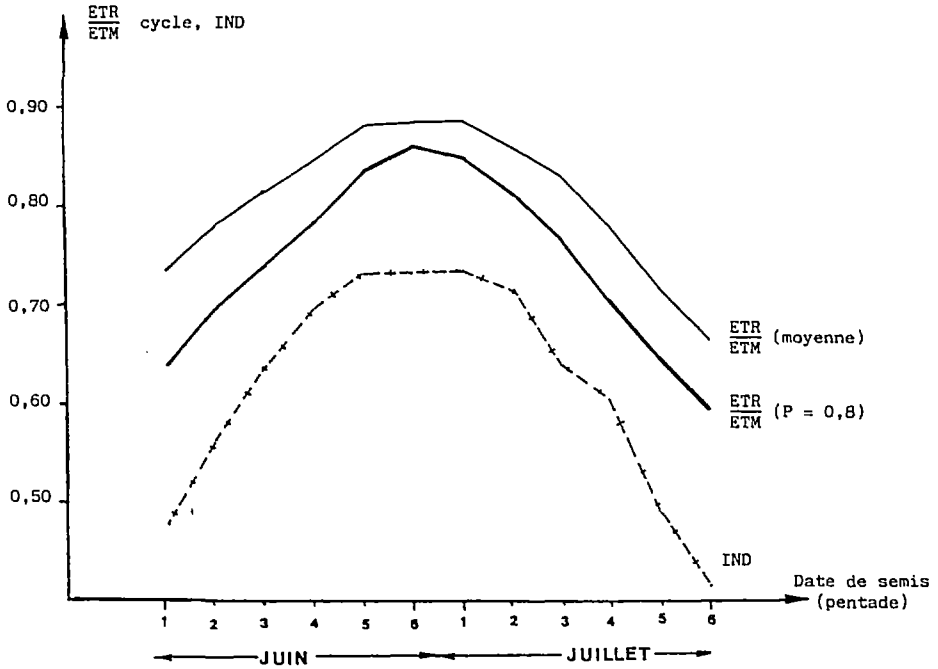
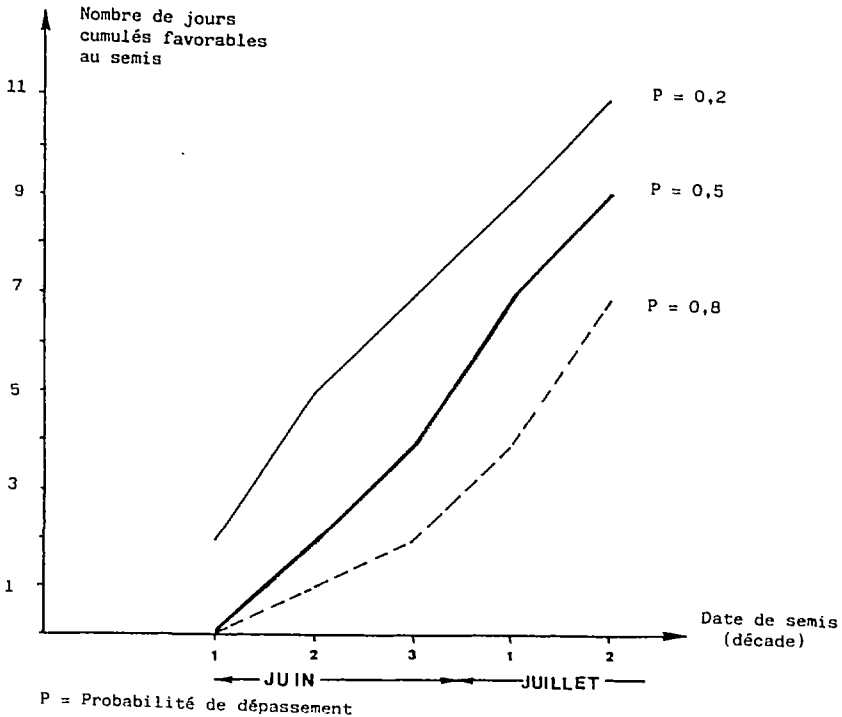


Figure 11 : Nombre de jours disponibles pour les semis en humide



- en 1984, Ziga était légèrement mieux arrosé (70 à 100 mm de plus que Boukéré et Sabouna).

Sur la petite région (2 500 km²) définie par ces trois postes pluviométriques, il n'est donc pas rare d'observer des différences entre les totaux annuels de l'ordre de 100 mm.

3.2.2 - Conséquences pour les cultures

On peut distinguer deux types d'effets des aléas pluviométriques sur les cultures :

- les effets directs caractérisés par des périodes de sécheresse en cours de cycle ou en fin de cycle (arrêt précoce de la saison des pluies). Ces sécheresses entraînent des stress hydriques sur les cultures, plus ou moins marqués, pouvant aboutir soit à la mort des jeunes pieds (première décade de juillet), soit à un ralentissement du développement végétatif (juillet, deuxième décade d'août) soit à l'échaudage des épis en formation (première décade de septembre) ;
- des effets indirects caractérisés par un retard des semis ou une obligation de ressemer courant juillet. Ce décalage du cycle de la culture par rapport à la période pluvieuse la plus probable (1^{er} juillet - 20 septembre) peut entraîner un échaudage des épis d'où une baisse des récoltes.

a - La date de semis optimale

La simulation du bilan hydrique d'une culture de mil (FOREST, 1984) pour les différentes dates de semis du 1^{er} juin au 30 juillet permet de mettre en évidence la date optimale de semis c'est-à-dire celle pour laquelle l'indice de satisfaction en eau de la culture est le plus élevé (ETR/ETM cycle)⁽¹⁾. La période optimale se situe autour de la sixième pentade de juin, période allant du 25 juin au 1^{er} juillet (analyse fréquentielle, 1924-1987 Ouahigouya) [figure 10]. Les semis effectués jusqu'à la troisième pentade de juillet ont 80 % de chances de donner une culture qui aura un indice ETR/ETM > 0,75. Après le 15 juillet les semis sont à déconseiller (ETR/ETM < 0,75, IND < 0,5) car la plante aura des difficultés à l'épiaison-maturation. Avant le 15 juin les semis ont une chance non négligeable d'échouer, cela dépend en fait du type de terrain, mais le paysan pourra toujours ressemer ensuite.

(1) ETR/ETM = évapotranspiration réelle/évapotranspiration maximale. Dans ce cas (figure 10) il s'agit de l'indice de satisfaction en eau (ETR/ETM cycle = calculé pour tout le cycle de la plante) d'une culture de mil de 90 jours sur un terrain ayant une réserve hydrique de 90 mm, sans ruissellement, semée à partir de la première pluie de 20 mm après le 20 juin. IND = indice de satisfaction en eau des cultures, corrigé = ETR cycle x le plus faible des indices ETR aux stades montaison (F11) ou floraison (F12). F11 : période 30-50 jours après semis pour le mil ; F12 : période 50-70 jours pour le mil.

Il est en fait illusoire de raisonner sur une date optimale de semis dans la mesure où cette opération culturale demande quelle que soit l'exploitation agricole plusieurs jours (il faut de 5 à 8 jours-homme pour semer un hectare de mil, soit 4 à 6 jours pour semer quatre hectares pour une famille de 5 actifs). Les semis seront donc échelonnés sur une plus ou moins grande période selon la fréquence des pluies utiles⁽¹⁾ de juin à début juillet. Pour la période 1950-1987 à Ouahigouya nous avons calculé le nombre de jours disponibles pour semer (semis direct sans travail de sol préalable).

L'analyse fréquentielle montre que huit fois sur dix on a au moins deux jours de semis possibles en juin, et cinq fois sur dix quatre jours de semis (figure 11). Dans la plupart des cas l'exploitant devra terminer ses semis en juillet. Au 10 juillet, huit années sur dix on a eu au moins quatre jours de semis, ce qui n'est pas suffisant pour semer toute la surface d'une exploitation (moyenne 5 ha). L'analyse détaillée des calendriers culturaux confirmera cette hypothèse ; dans bien des cas les semis ne peuvent être terminés qu'après le 10 juillet voire même pendant la deuxième décade de juillet. Ceci a des implications sur l'élaboration du rendement de la culture et sur les possibilités d'intensifier les parcelles semées tardivement.

La période des semis peut se prolonger, si l'agriculteur est amené à effectuer des ressemis après destruction partielle ou totale des jeunes plantes, parfois en juillet voire début août (1984 et 1987). On obtient ainsi sur la même exploitation voire la même parcelle une gamme de dates de semis très large couvrant au moins 30 jours et parfois même 60 jours (début juin, fin juillet).

Cette première approche du calendrier agricole fait ressortir l'intérêt non pas de simuler le comportement d'une culture à une date de semis ou de travail du sol optimale, mais de modéliser l'ensemble du comportement des cultures des parcelles de l'exploitation agricole.

b - Analyse de la pluviométrie et du bilan hydrique d'une culture pour les trois villages d'étude

A l'échelle régionale, la période 1982-1987 a été exceptionnellement sèche par rapport à la période précédente 1924-1981 pour laquelle on dispose de relevés météorologiques. Néanmoins les variations des caractéristiques climatiques retenues intervillages sont importantes (tableau 4). La simulation du bilan hydrique d'une culture de mil pour les mêmes variables que précédemment permet de les mettre en évidence :

- **années favorables** ($ETR/ETM > 0,9$ et $IND > 0,75$) 1986 : Ziga, Sabouna, Boukéré, 1985 : Ziga, Boukéré, 1987 : Sabouna, Ziga ;

(1) Pluie utile : pluie permettant d'effectuer une opération culturale. Pour labourer, une pluie supérieure ou égale à 20 mm est indispensable. Selon le type de sol et sa place dans la séquence pluvieuse une pluie de 15 à 20 mm permettra de semer. Une grosse pluie de 35 mm par exemple permet de semer deux jours, une petite pluie de 10 mm venant deux ou trois jours après une grosse pluie permet de semer un jour. Ces règles, venant de l'observation des pratiques paysannes, permettent d'estimer à posteriori le nombre de jours de semis disponibles

- années moyennes 1983 : Ziga, Sabouna, 1982 : Ziga, Sabouna, 1987 : Boukéré ;
- années déficitaires à très déficitaires (du point de vue hydrique) [ETR/ETM < 0,75 et IND < 0,5] 1984 : Ziga, Sabouna, Boukéré, 1985 : Sabouna.

Tableau 4 : Quelques caractéristiques du climat observées de 1982 à 1987 dans les trois villages d'étude.

a) Indices de satisfaction en eau d'une culture de mil de 90 jours (ETR/ETM, IND) semée après une pluie > 15 mm, à partir du 20 juin (1982-1987).

		1982	1983	1984	1985	1986	1987
Sabouna	ETR/ETM	0,74	0,80	0,48	0,64	0,90	0,88
	IND	0,53	0,66	0,13	0,33	0,84	0,80
Ziga	ETR/ETM	0,74	0,82	0,73	0,91	0,92	0,88
	IND	0,53	0,67	0,42	0,74	0,80	0,8
Boukéré	ETR/ETM	*	*	0,46	0,91	0,92	0,78
	IND			0,15	0,80	0,77	0,60

* Pas de relevé pluviométrique.

b) Nombre de périodes sèches de plus de six jours consécutifs durant la phase optimale de végétation (01/07-20/09) et nombre de jours correspond ().

	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Sabouna	4 (39)	3 (22)	5 (41)	3 (21)	1 (8)	
Ziga	5 (38)	2 (17)	4 (38)	2 (16)	1 (14)	
Boukéré	*	*	3 (25)	2 (14)	1 (7)	

c) Nombre de jours disponibles pour effectuer les semis en juin⁽¹⁾, jusqu'au 10 juillet et jusqu'au 20 juillet.

	1982 06 10/07 20/07			1983 06 10/07 20/07			1984 06 10/07 20/07		
Sabouna	3	3	4	3	7	11	0	0	4
Ziga	4	6	6	4	6	9	3	3	4
Boukéré	-	-	-	-	-	-	0	0	2

	1985 06 10/07 20/07			1986 06 10/07 20/07			1987 06 10/07 20/07		
Sabouna	1	3	7	5	9	14	6	7	8
Ziga	3	7	10	4	8	8	6	6	9
Boukéré	4	6	10	3	8	10	4	5	5

(1) Sans tenir compte ici des jours favorables au semis en bas-fond durant le mois de mai : Sabouna 2 jours en 1982, 1 en 1983, 2 en 1984 ; Ziga 1 jour en 1983 et 1984, 2 jours en 1985 ; Boukéré 1 jour en 1984.

Tableau 5 : Effets des aléas pluviométriques sur une culture de mil.

Juin	Juillet	Août	Septembre	Année représentative
Absence de pluie de semis précoce	→ Semis tardif		→ Difficulté en fin de cycle (échaudage fin septembre)	Sahouna 1985 (Sahouna, 1986 et 1987)*
Absence de pluie de semis précoce	→ Semis tardif	Sécheresse avant épisaison	→ Destruction de plants non épisés, échaudage des autres	Sahouna, Boukéré Ziga 1984
Semis précoce ou normal	Sécheresse et destruction des plantes	→ Ressemis tardif	→ Idem	Sahouna et Ziga 1983 (Ziga 1986 et 1987)
Semis précoce ou normal			→ Forte sécheresse ou arrêt précoce des pluies : échaudage	Ziga et Boukéré 1985
Semis normal	Pluies bien réparties mais faible quantité Quelques grosses pluies en août avec périodes sèches de longues durées	→ retard à l'épisaison	→ sécheresse en fin 09 → échaudage partiel	Boukéré 1987 Sahouna 1983

* entre () effets limités aux sols à faibles réserves hydriques

Les années déficitaires à très déficitaires sont caractérisées par un nombre important de périodes sèches durant la phase végétative optimale (1^{er} juillet au 20 septembre) au moins une par mois (tableau 4) et parfois par un retard au semis. En 1984 au 10 juillet on n'avait enregistré que trois jours de semis possibles à Ziga, et aucun à Sabouna et Boukéré. En revanche en 1982, les semis ont pu s'effectuer en grande partie avant le 10 juillet mais une longue sécheresse (17 jours sans pluie à Sabouna) en juillet a obligé les paysans à ressemer une partie des parcelles. La conjonction de semis tardifs et d'une mauvaise pluviométrie à partir du 15 septembre a entraîné un échaudage des céréales sur les terrains à faible réserve hydrique.

L'expérience de terrain montre qu'il est nécessaire d'analyser les trois critères présentés ici : ETR/ETM (cycle), période de semis, période sèche au cours du cycle. L'année 1986 à Ziga peut être caractérisée comme favorable selon les deux premiers critères. Mais à partir du 9 juillet (date de fin des semis pour la majorité des parcelles) il n'y a pas eu de pluie avant le 24 juillet. Les semis de juin effectués sur des bons terrains ont survécu à cette période sèche mais ceux de juillet (du 1^{er} au 9/07) concernant généralement les terrains les plus séchants ont péri. Les ressemis effectués entre le 24 juillet et le 3 août ont pu donner une faible récolte du fait d'une pluviométrie satisfaisante fin septembre. Cet exemple montre que l'indice ETR/ETM cycle⁽¹⁾ qui est un indicateur agro-climatique plus opérationnel que le total pluviométrique annuel, ne peut pas décrire précisément les aléas pluviométriques.

Il serait fastidieux de décrire les six années climatiques correspondant à nos travaux mais l'on peut essayer de caractériser les différents types d'aléas climatiques et les effets qu'ils entraînent pour les cultures (tableau 5).

En conclusion on peut caractériser une année sèche au Yatenga ainsi :

- pluviométrie totale déficitaire, inférieure à 450 mm ;
- faible pluviosité par rapport à la moyenne durant la période optimale de culture (1^{er} juillet au 20 septembre) avec une forte probabilité d'avoir une période sèche (8 à 10 jours sans pluie) chaque mois (juillet, août, septembre) ;
- faible pluviosité mensuelle en juillet et août. Les variations étant plus faibles pour les mois moins arrosés (mai, juin, septembre).

Toutefois ces caractéristiques sont très variables d'une année à l'autre et les possibilités de prévision sont difficilement envisageables. Le paysan doit donc s'adapter à cette forte variabilité de la pluviosité et les travaux de la recherche doivent chercher

(1) ETR/ETM (cycle) représente une valeur moyenne et globale de la satisfaction des besoins en eau des cultures.

Tableau 6 : Caractéristiques chimiques des sols observées dans les trois villages selon les types de terrain.

Type de terrain, village	Matière organique (%)	Azote total (%)	Phosphore assimilable (Olsen) en ppm	pH (eau)
Sol ferrugineux tropicaux, sableux à sablo-argileux (plaine ou glacis)				
Sabouna	0,3 - 0,6	0,3 - 0,5	10 - 17	5,5 - 7
Boukéré	*	*	4 - 8	5,6 - 6
Ziga	0,7 - 1	0,6 - 0,8	-	-
Geres (1960)	1,6 - 0,7	-	*	5,7
Sol argileux de bas de pente				
Sabouna	0,5 - 0,6	0,3 - 0,4	11 - 15	5,9 - 6
Boukéré	0,8 - 0,9	*	4 - 11	5,5 - 6
Geres (1960)	0,84	-	*	5,9
Sol de bas-fond, hydromorphe				
Sabouna	0,6 - 1,1	0,4 - 0,8	62 - 6	6 - 6,9
Boukéré	0,8 - 2,7	*	17 - 7	5,8 - 6
Geres (1960)	1,10	-	*	5,9
Sol brun eutrophe				
Sabouna	1,1 - 1,3	0,5 - 0,9	14 - 8	6,5 - 7,5

Sources : Geres (1965) ; Sabouna : BARO (1981) ; Ziga : KABORE (1984) ; Boukéré : M.J. DUGUE (1986).

Tableau 7 : Caractéristiques de l'horizon de surface d'un sol sablo-argileux en cours de dégradation.

	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	Taux de MO (%)	Description du profil
Zone en cours de dégradation					
Horizon 0-2 cm	75	13	12	0,64	- couleur gns, horizon sec de structure lamellaire en surface 0-2 cm bien visible, puis particulière pour l'horizon 2-5 cm
Horizon 2-5 cm	68	13	19	0,65	
Zone non dégradée					
Horizon 0-2 cm	88	6	6	0,38	- couleurocre structure particulière humidité à 5 cm
Horizon 2-5 cm	88	6	6	0,43	

à réduire les effets de ces aléas. Si les stratégies des producteurs sont assez bien adaptées au aléas climatiques en début de saison de pluies (semis précoce en bas-fond...) [cf. III^e partie] il n'en est pas de même lorsque l'installation des pluies est tardive (mi-juillet) ou lorsqu'il faut ressemer une bonne partie de l'assolement en fin juillet. Les possibilités d'adaptation sont alors réduites et très aléatoires.

3.3 - Les facteurs limitants liés à la baisse de fertilité des sols

En région sahélienne la persistance d'années sèches a exacerbé les effets du facteur limitant « eau » et occulté les problèmes de fertilité. Maintes fois les agriculteurs nous ont expliqué que « si les pluies revenaient comme avant⁽¹⁾, il n'y aurait aucun problème pour avoir de bonnes récoltes de mil ». La sécheresse peut masquer, lorsqu'elle est très accusée, les différences de fertilité des sols mais inversement lorsqu'elle est limitée dans le temps (période sans pluie de 8 à 10 jours) elle peut en accentuer les effets. Une culture sur un terrain fertile (du point de vue chimique et physique) aura tendance à s'enraciner plus profondément et à mieux résister au stress hydrique ponctuel.

Nous n'avons pas de données précises sur une longue période (20 ans) permettant de décrire la baisse de fertilité. La réduction des jachères, voire l'abandon de cette pratique, le faible développement de l'utilisation des engrais minéraux et de la fumure organique ont très certainement entraîné une baisse de la fertilité des sols. La comparaison des données moyennes d'analyses de sol présentées par le GERES en 1960 et celles que l'on a pu obtenir dans différentes circonstances à Ziga et Sabouna (deux villages du périmètre GERES) indiquent cette tendance (tableau 6).

3.3.1 - Phosphore, azote et matière organique : trois éléments essentiels

L'analyse de la fertilité d'un sol en zone sahélo-soudanienne est très étroitement liée à celle des teneurs en phosphore, azote total et matière organique. Ceci n'exclut pas dans certains cas des carences en potassium, en soufre et d'une façon presque générale un faible taux de saturation de la CEC. Le pH (eau) est en général compris entre 5,5 et 8, l'acidification des sols est un phénomène rare au Yatenga.

Le taux de matière organique est toujours faible (< 1%) sauf en bas-fond où il y a un apport continu de matière organique à partir des eaux de ruissellement. On observe généralement un taux plus élevé à Ziga (0,7 à 1 % hors bas-fond) et plus faible à Sabouna, très inférieur à 0,5 %. Cette différence peut s'expliquer par le fait que les sols sont plus argileux à Ziga et que les apports de fumure organique y sont plus importants et plus réguliers qu'à Sabouna. A Boukéré les terrains en bas-fond sont bien pourvus en matière organique (fortes inondations) mais on n'a pas observé de corrélation entre l'année de la défriche des parcelles cultivées et leur taux de matière organique (M.J. DUGUE, 1987). Des analyses de sols de jachère courte à Sabouna ont donné des taux de matière organique guère supérieurs à ceux observés sur les parcelles en culture (0,6 % à 0,5 %). Le taux de matière organique

(1) La majorité des paysans (d'âge compris entre 45-60 ans) se rappellent des années favorables 1945-1970, période particulièrement pluvieuse. Peu se souviennent des périodes de sécheresse antérieures (1947, 1932, 1933).

décroît très rapidement dès la première année de culture (SEDOGO, 1981; Essai entretien de la fertilité de Saria) et les jachères de courte durée en période sèche ont certainement peu d'effet sur la teneur en matière organique.

La majorité des sols sont carencés en phosphore (P.Olsen < 15 ppm dans la grande majorité des cas). Cette carence est plus marquée à Boukéré et à Ziga.

La teneur en azote total, généralement corrélée positivement au taux de matière organique, est comprise entre 0,3 et 0,6 ‰, hors bas-fond et un peu plus élevée en bas-fond 0,4 - 0,8‰.

Les bas-fonds et les terrains sur sol brun eutrophe (à Sabouna seulement) représentent les zones les plus fertiles chimiquement. En dehors de ces zones de surface réduite (de 10 à 15 % de la superficie des trois territoires villageois) les carences en phosphore et azote sont très marquées et limitent considérablement la production des cultures céréalières. Le taux de matière organique, généralement inférieur à 0,5 %, a des effets négatifs sur la structure des sols à texture sablo-argileuse (les sols sableux représentent moins de 30 % des sols cultivés dans ces trois villages). Les phénomènes de battance peu développés en terrains argileux, sont exacerbés en sol sablo-argileux lorsque l'on atteint ces teneurs.

3.3.2 - Fertilité physique : ruissellement, battance, dégradation de l'horizon de surface

a - Les phénomènes d'érosion en nappe

L'extension des plaques de sol nu, sans végétation, est assez récente aux dires des paysans. Il faut distinguer les lithosols gravillonnaires ou latéritiques reposant directement sur l'acuirasse, des sols argilo-sableux décapés appelés en moore « *zipellé* ».

Les « *zipellé* » sont à l'origine des sols ferrugineux tropicaux qui ont subi une érosion en nappe importante qui a entraîné l'horizon (A) de surface qui renfermait la grande partie de la matière organique du profil exploité par les cultures. L'horizon sous-jacent plus riche en argile a tendance du fait du passage des eaux de ruissellement à se colmater (SERPANTIE et al., 1986). Des analyses granulométriques effectuées sur une parcelle expérimentale (DUGUE, 1984) dans des zones plus ou moins dégradées corroborent ces hypothèses (tableau 7) : l'érosion qui a entraîné l'horizon de surface plus sableux, met à nu un horizon plus riche en argile (de 6 % on passe à 12 %) et plus riche en limons organisés en lamelles qui constituent une croûte de battance. Le taux de matière organique est légèrement plus élevé en zone dégradée ce qui peut paraître contradictoire mais en fait est lié à l'augmentation du taux d'argile (teneur qui reste faible toutefois), la densité apparente peut passer de 1,6 (zone non dégradée) à 2.

Plus le colmatage est important, plus le ruissellement est intense et moins le profil est humecté. Ce processus apparaît sur des jachères ou sur des parcelles cultivées (qui sont rapidement abandonnées) - La réduction de la réserve hydrique du sol entraîne bien entendu une mauvaise croissance du couvert végétal (graminées, culture, arbustes...) mais aussi une baisse de l'activité biologique des sols (surtout les termites et la micro-faune). Au bout de quelques années le profil se stabilise ; la profondeur du sol peut varier de quelques

dizaines de centimètres à plus d'un mètre parfois mais la terre ne s'humecte presque plus en saison des pluies. La végétation naturelle est absente (sauf quelques arbres ou arbustes). Ces plaques de sol totalement dénudées peuvent représenter des surfaces variant de quelques ares à plusieurs hectares, réparties sur l'ensemble d'un finage là où les conditions de genèse étaient propices (pente, ruissellement, texture sablo-argileuse...).

Une vision rapide de ces paysages pourrait nous permettre d'assimiler ces « zipellé » à des sols totalement incultes. L'observation des pratiques de certains paysans nous donne une toute autre opinion. Le piochage en sec sur toute la surface ou localisé à l'endroit du poquet de céréale permet de réhabiliter des surfaces de « zipellé ». Ce défonçage localisé appelé « zay » en moore, façonne un cylindre de terre meuble de 10 à 20 cm de profondeur et d'environ 15 cm de diamètre que le paysan enrichit avec du fumier. Ce travail permet de stocker l'eau de pluie et de capter une partie du ruissellement. Ces nouvelles conditions édaphiques permettent aux cultures de se développer normalement. Ces terrains sont donc sous certaines conditions cultivables. Il faut toutefois bien apprécier l'épaisseur de l'horizon B avant d'envisager leur régénération (cf. IV^e partie).

La possibilité de régénérer une partie des surfaces décapées permettrait d'augmenter la surface cultivable. Aucune estimation n'a été entreprise soit pour évaluer le phénomène de dégradation (ha/an), soit pour chiffrer la surface régénérable ; on peut estimer que les « zipellé » représentent entre 10 % et 20 % de la surface totale des territoires des trois villages étudiés⁽¹⁾.

b - Ruissellement et types de terrain

Les coefficients de ruissellement sur ces « zipellé » sont de l'ordre de 80 à 100 %. Sur les sols gravillonnaires non cultivés de haut de pente le ruissellement peut être estimé entre 80 % et 40 % (GERES, 1965). Sur les parcelles cultivées, les mesures précises sont assez rares et remontent aux travaux du GERES menés sur parcelle d'érosion (Sissamba) ou sur bassin versant (Tougou). L'importance du ruissellement est fonction entre autre du type de sol et de l'intensité des pluies qui varie d'une année à l'autre selon la présence de grosses pluies d'orage d'intensité supérieure à 50 mm/h. En terrain cultivé on peut retenir l'intervalle 0-40 % de ruissellement. Sur sol sableux le ruissellement est faible et certainement inférieur à 10 %. Sur les sols déstructurés en surface (sablo-argileux) on peut estimer le ruissellement entre 20 % et 40 %.

Le ruissellement au Centre Yatenga est très certainement un des facteurs limitants les plus importants du fait de la perte en eau qu'il entraîne (40 % de ruissellement ramène une pluviosité de 500 mm à 300 mm).

(1) A Sabouna on se situe certainement plus près de 20 %, à Boukéré où le couvert herbacé est moins dégradé et à Ziga où l'érosion en nappe entraîne plutôt l'apparition de sol gravillonnaire, on se situerait environ vers 10 %.

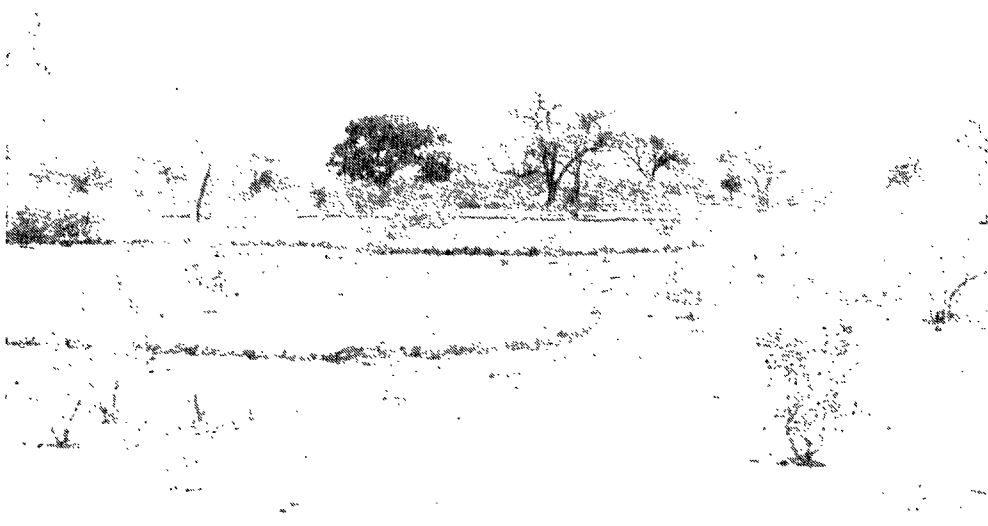


Photo 1 : Parcelle située sur un glacié en cours de dégradation (peu de repousses d'arbustes en fin de saison sèche).
A noter l'installation récente de cordons pierreux.



Photo 2 : Vue d'un bas-fond (Boukéré) ; au premier plan une parcelle de Sorgho (inondable) ; en arrière plan des vergers de manguiers.

c - Croît démographique et mise en culture de terrains marginaux

Le croît démographique, l'augmentation de la surface cultivée au niveau des villages, et l'érosion des sols ont eu pour effet il y a une vingtaine d'année la mise en culture de terrains catalogués par les pédologues comme inaptes à la culture (GERES, 1965). Les caractéristiques prépondérantes de ces terrains sont leur faible profondeur (40 à 60 cm maximum), et leur taux élevé de gravillons d'où une faible réserve utile (< 60 mm). En année humide ces terrains donnent des rendements moyens du fait de caractéristiques chimiques satisfaisantes (taux de matière organique, de phosphore et de bases échangeables corrects voire supérieurs à la moyenne). En année sèche, si la fin de la saison des pluies est déficitaire, les rendements sont limités voire nuls. Malgré leur stratégie d'extensification des systèmes de production les producteurs ont délaissé ces terrains marginaux lorsqu'ils en avaient d'autres situés sur de meilleurs sols et ceci depuis les années sèches 1982-1984.

La simulation du bilan hydrique d'une culture de mil sur une longue période (1938-1987, Ouahigouya) montre clairement les limites de production des terrains de culture ayant une réserve utile inférieure à 50 mm (figure 12).

Figure 12: Réserve utile du sol et satisfaction en eau du mil
(étude fréquentielle 1940 - 1987, Ouahigouya)

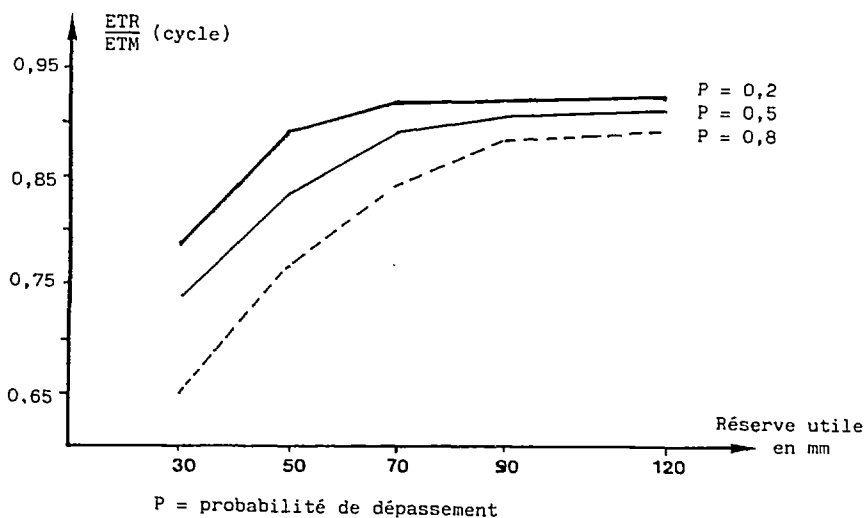
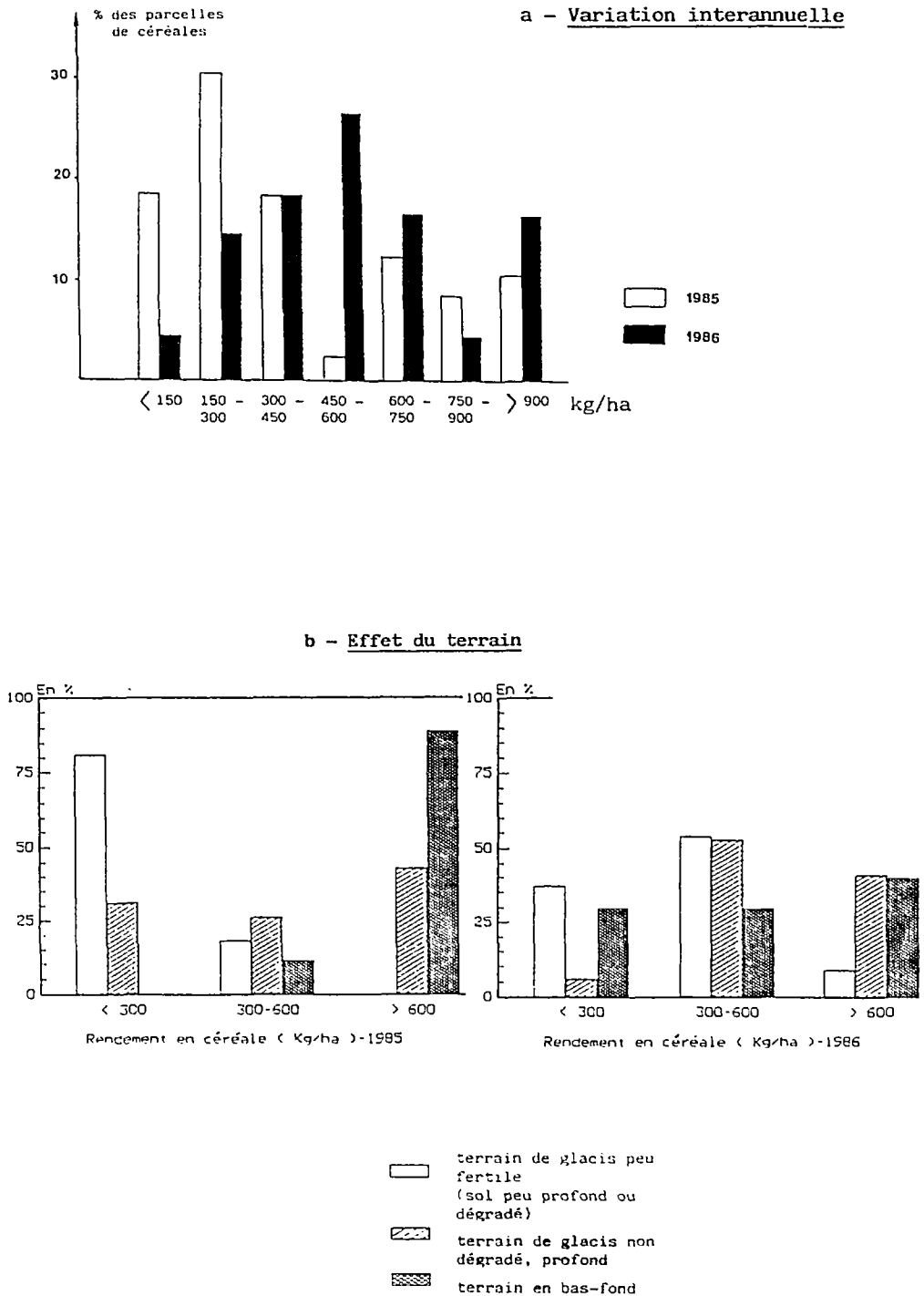


Figure 13 : Variabilité des rendements en céréale
(mil et sorgho confondus)



3.4 - Première approche des relations **entre alimentation hydrique et rendement des cultures**

Nous avons vu que l'alimentation hydrique d'une culture dépend à la fois de la pluviosité (volume, répartition), de sa date de semis, du type de sol (réserve utile) et de l'intensité du ruissellement. Nous ne disposons pas toujours de toutes les données permettant d'étudier les relations entre ces variables et le rendement d'une culture comme le mil.

Cependant dans un premier temps il est possible à partir du suivi de 79 parcelles réalisé à Sabouna en 1985 et 1986 de montrer qu'il existe une forte variabilité des rendements en céréale qui dépend en partie des conditions pluviométriques (1985, 300 mm, ETR/ETM = 0,64 ; 1986, 530 mm, ETR/ETM = 0,90) et du type de terrain. Nous ne prenons pas en compte ici l'effet des techniques culturales. Sur l'ensemble de ces parcelles, la moyenne des rendements est passée de 441 kg/ha pour 1985 à 645 kg/ha en 1986 (figures 13a et b). Les terrains de ces 79 parcelles ont été regroupés en trois grands types : les bas-fonds inondables (16 % des parcelles), les bons terrains (39 %, sol profond, peu dégradé, de texture sableuse à argilo-sableuse), les terrains peu fertiles (45 %, sol peu profond, battant...). Cette répartition représente à peu près la diversité de l'ensemble des parcelles de ce village.

Une première analyse de l'effet du type de terrain sur les rendements et selon la pluviosité permet d'illustrer les hypothèses précédentes :

- la majorité des parcelles (80 %) a obtenu un meilleur rendement en 1986. Les 20 % restant qui ont obtenu un rendement supérieur en 1985 - année nettement plus sèche correspondent le plus souvent à des parcelles situées en bas-fond. Les excès d'eau préjudiciables aux cultures, ont été bien moins importants dans ce type de terrain en 1985 qu'en 1986 ;
- la variabilité des rendements des parcelles « peu fertiles » est faible en 1985 (moyenne 200 kg/ha) comme en 1986 (moyenne 394 kg/ha) ;
- en bas-fond inondable, il existe une forte variation des rendements, plus élevée en 1986 qu'en 1985 et la moyenne des rendements 1986 (786 kg/ha) est du même ordre que celle de 1985 (861 kg/ha) ;
- c'est sur les bons terrains de culture que l'effet pluviométrique est le moins marqué (1985, 544 kg/ha, 1986, 770 kg/ha).

Ce constat très succinct fait entrevoir pour une pluviosité donnée la complexité des relations entre le rendement d'une parcelle, le type de terrain, sa fertilité et les techniques culturales qui y sont pratiquées. En année à pluviométrie favorable (ETR/ETM > 0,90) on a pu mettre en évidence une stagnation des rendements. Ceci fait bien ressortir l'importance des facteurs limitants autres que le facteur « alimentation hydrique » : la fertilité des sols, l'enherbement...

CONCLUSION

Les facteurs limitants la production des systèmes de culture n'interviennent pas indépendamment les uns des autres. La figure 14 présente les effets de ces facteurs et les relations avec les autres composantes des systèmes de production (système d'élevage...).

La baisse de pluviosité peut apparaître ici comme le facteur limitant majeur pour les cultures. Il est vrai que les deux dernières périodes de sécheresse (1970-1973 et 1982-1985) ont été très marquées et leurs effets sur la production vivrière comme sur la végétation naturelle arborée dévastateurs. Concernant les systèmes de culture, la baisse des rendements⁽¹⁾ ces vingt dernières années est due principalement à la persistance d'aléas climatiques et à la baisse de la fertilité des sols. Ces deux phénomènes sont fortement liés :

- la baisse du taux de matière organique des sols cultivés accentue les problèmes de battance et de ruissellement donc limite l'alimentation en eau des cultures ;
- cette baisse est liée à la réduction des troupeaux (donc de la quantité de fumure organique), mais surtout à l'abandon de la pratique de la jachère, due à l'augmentation démographique mais aussi à la réduction par l'érosion de l'espace cultivable ;
- les faibles pluviosités, certaines années, ont limité les rendements en grain mais aussi en paille d'où diminution des ressources fourragères et surexploitation par les troupeaux des pâturages naturels.

Les difficultés d'approvisionnement en céréale des populations qui en découlent, ont accéléré les départs en migration affectant ainsi la force de travail des exploitations agricoles (main-d'œuvre plus âgée...). D'autre part, la réduction de la durée de la saison des pluies renforce les problèmes de gestion du temps de travail : tous les travaux sont à réaliser en moins de trois mois et les possibilités de « rattrapage » en cas de mauvaise levée des cultures sont réduites. Cette situation est difficilement vécue par les paysans qui se sentent très dépendants de la répartition des pluies. Néanmoins, nous verrons plus loin que les agriculteurs de ces régions ont essayé de s'adapter à cette situation.

Les sécheresses de ces dernières années par leurs effets spectaculaires et dramatiques restent marquées dans tous les esprits au Yatenga. Pourtant ce phénomène n'est pas irréversible ; la période 1986-1988 a été relativement pluvieuse (500 à 700 mm en général) même si la saison des pluies reste brève et les pluies de mai,

(1) Baisse que l'on n'a pas quantifiée mais qui est corrélée à l'augmentation de la surface cultivée par actif que l'on a pu évaluer (cf. III^e partie).

Tableau 8 : Comparaison des facteurs limitants la production agricole pour les trois villages d'étude.

Facteurs limitants	Boukéré			Ziga	
	Sabouna			Ziga	
Pluviosité 1984 1985 1986 1987	• ••• ••• ••	• • ••• •••	• • ••• ••	• ••• •• ••	• ••• •• ••
Ruissellement Erosion	Moyen l'in nappe, peu de ravine	l'ort l'in nappe beaucoup de ravines	l'ort l'in nappe beaucoup de ravines	l'ort l'in nappe peu de ravines	l'ort l'in nappe peu de ravines
Dégradation de l'état de surface (Zipelle)	Limitée localisée surtout autour des habitations	Importante dispersée sur le territoire	Importante dispersée sur le territoire	Limitée, terrain gravillonnaire important en surface	Limitée, terrain gravillonnaire important en surface
Fertilité chimique (matière organique, phosphore)	l'faible	l'faible	l'faible	l'faible	l'faible
Accès au foncier possibilité de pratiquer la jachère	Oui (pour la plupart des paysans)	Rares (sauf pour quelques familles ayant beaucoup de terres Impossible pour les Mossi de Kerga	Rares (sauf pour quelques familles ayant beaucoup de terres Impossible pour les Mossi de Kerga	Rares voire impossibles (jachères trop dégradées)	Rares voire impossibles (jachères trop dégradées)
Accès aux bonnes terres (bas-fond, talweg)	Assez facile pour tous	Accès au bas-fond impossible pour certains	Accès au bas-fond impossible pour certains	Impossible pour certains	Impossible pour certains
Migrations	Temporaires (Côte-d'Ivoire)	Nonbreuses, permanentes (Côte-d'Ivoire, Ouest Burkina) ou temporaires	Nonbreuses, permanentes (Côte-d'Ivoire, Ouest Burkina) ou temporaires	Idem Sabouna	Idem Sabouna
Relations avec les organismes de développement	Limitées car éloignés des centres urbains (problème d'approvisionnement)	Importantes	Importantes	Importantes	Importantes

• Année déficitaire ; •• Année moyenne ; ••• Année favorable

juin et octobre rares. En revanche, la faible fertilité des sols, et la réduction des surfaces cultivables sont des réalités permanentes qu'il sera très difficile de corriger ou de faire évoluer. Les composants de la fertilité d'un milieu et son aptitude culturale déterminent en grande partie son potentiel agricole. La pluviosité n'intervient réellement que lorsqu'elle est limitante. Pour une année et un lieu donnés, il est donc nécessaire de hiérarchiser les facteurs limitants.

A partir des caractéristiques du milieu physique et humain et de la variabilité des facteurs limitants la production, il est possible de comparer le potentiel agricole des trois villages d'étude (tableau 8). Du point de vue climatique, les différences observées sont aléatoires. La fertilité chimique des sols cultivés d'après nos analyses, est à peu près équivalente pour un type de terrain donné, quel que soit le village. En revanche, l'importance du ruissellement et surtout ses effets sont variables d'un village à l'autre du fait des différences de relief et de l'état de la végétation. A Ziga et Boukéré, le ruissellement s'écoule en nappe et rejoint rapidement des zones basses ou des talwegs qui sont encore plantés d'arbres (Karités principalement). La perte en eau et en terre est importante mais les agriculteurs ont la possibilité de ralentir ce ruissellement. A Boukéré, le ruissellement en amont des terrains de culture est limité par la présence d'une végétation arbustive assez peu dégradée qui a quasiment disparu dans les deux autres villages. En revanche, à Sabouna la présence de collines birrimiennes déboisées et d'une longue toposéquence (plusieurs kilomètres) a pour effet d'accélérer la vitesse de l'eau qui s'écoule rapidement dans des ravines. Les sols bien structurés et profonds sont les plus sensibles à cette forme d'érosion. Le réseau de rigoles et de ravines s'accroît chaque année ; il détourne le ruissellement des terrains de culture qui ne profitent plus de l'effet d'impluvium⁽¹⁾. Les possibilités de lutte contre ce type d'érosion demandent des moyens importants qui ne sont pas à la portée des paysans. L'autre critère de différenciation le plus important déjà évoqué, est l'accès au foncier cultivable et la possibilité qui existe encore à Boukéré de pratiquer la jachère.

Le potentiel agricole du village de Boukéré apparaît plus important que celui des deux autres villages : à Ziga, la saturation foncière est très forte et tous les terrains cultivables même les plus marginaux sont exploités en permanence ; à Sabouna, seulement quelques familles disposent de réserve foncière, mais sur la plus grande partie du village l'érosion ravinante diminue les surfaces cultivables et augmente les pertes en eau. La proximité de la capitale régionale - Ouahigouya - et donc des services de développement a surtout favorisé l'implantation d'infrastructures à caractère social (école, dispensaire...) à Ziga et Sabouna, mais n'a pu avoir d'effet important sur les productions végétales et animales⁽²⁾. Ces différences de potentiel agricole entrevues rapidement par l'analyse des paysages et des facteurs limitants la production seront précisées ultérieurement par l'analyse de la production céréalière d'un échantillon de 55 exploitations agricoles de ces trois villages (cf. III^e partie).

(1) Le ruissellement, s'il n'est pas trop intense, provenant de l'amont (zone cultivée ou non) profite aux parcelles de culture situées en aval.

(2) La culture maraîchère s'est peu développée à Sabouna malgré des ressources en eau de nappe importante et la proximité du marché de Ouahigouya. A Ziga certains paysans ont tenté des expériences d'embouche ovine.

TROISIEME PARTIE

LE FONCTIONNEMENT DES EXPLOITATIONS AGRICOLES ET LEURS PERFORMANCES EN MATIERE DE PRODUCTION CEREALIERE

CHAPITRE I :

**Eléments sur le fonctionnement et l'évolution
des systèmes de production**

CHAPITRE II :

**Pratiques et stratégies des paysans
en matière de conduite des cultures**

Le fonctionnement des exploitations agricoles et leurs performances en matière de production céréalière

« L'étude des conditions et du processus de production : un préalable nécessaire à la mise au point d'un référentiel technique vulgarisable »

La mise au point de références techniques visant à améliorer la production vivrière a débuté dès 1982 par la mise en place d'essai en milieu semi contrôlé⁽¹⁾. Ce n'est qu'après deux ou trois années d'expérimentation que des tests d'innovations techniques ont été proposés aux paysans des trois villages. Ce processus de mise au point d'un référentiel technique ne repose pas uniquement sur les connaissances techniques obtenues en station⁽²⁾ ou en champ d'expérimentation. Il nécessite une connaissance précise des systèmes de production (fonctionnement, évolution) et des systèmes de culture (performance, contraintes...). Cette connaissance ou ce diagnostic sur la production agricole (plus particulièrement sur les production végétales) découle d'un certain nombre d'études et d'enquêtes réalisées auprès d'un échantillon d'exploitations agricoles et qui ont débuté à Sabouna en 1982, à Ziga en 1983 et à Boukéré en 1985. Afin d'établir des comparaisons entre villages nous exposerons les résultats concernant les trois dernières années d'étude, de 1985 à 1987.

Afin d'apprécier l'adéquation entre les propositions techniques d'intensification faites aux agriculteurs et leurs moyens de production, une connaissance précise des caractéristiques et du fonctionnement des **systèmes de culture** est indispensable (description des pratiques culturelles et des stratégies de conduite des cultures). Cette connaissance n'est pas suffisante ; la mise en œuvre du processus de production et son évolution dépend des objectifs de l'agriculteur et de sa famille, de la structure du **système de production** et des relations entre ses différentes composantes (systèmes de culture, systèmes d'élevage.) Ceci justifie que nous abordions dans un premier temps l'analyse du fonctionnement des systèmes de production qui débouchera sur une typologie des exploitations agricoles basée principalement sur le degré d'autosuffisance vivrière. Dans un deuxième temps on analysera les techniques et les stratégies de conduite des cultures des paysans.

(1) Correspond dans notre cas à des terrains cultivés depuis plusieurs années et prêtés au projet recherche-développement par les villageois pour la réalisation d'essai.

(2) Les deux stations de recherche agronomique du plateau. Mossi sont situées à 180 km au sud du Yatenga, dans la région de Ouagadougou (Kamboinsé) et de Koudougou (Saria).

CHAPITRE I

Éléments sur le fonctionnement et l'évolution des systèmes de production agricoles

1 - DISPOSITIF ET METHODES D'ENQUETE

L'échantillon enquêté est constitué de 55 exploitations agricoles en 1986 et 1987 et de 44 exploitations en 1985

Tableau 9 : Effectif de l'échantillon d'exploitations agricoles enquêtées.

Village	Nb. d'exploitations agricoles	Taille de l'échantillon effectifs et %		Exploitation en culture attelée* en %	
		1985	1986-1987	Total	Echantillon
Sabouna	181	18 (10 %)	22 (12 %)	35 %	91 %
Ziga	200	14 (7 %)	19 (19,5 %)	45 %	73 %
Boukéré	60	12 (20 %)	14 (23 %)	15 %	15 %
Total	441	44 (10 %)	55 (13 %)		

* Possédant matériel + animaux de trait au début du suivi.

A Boukéré la constitution de l'échantillon en juin 1985 a eu lieu après une année de présence dans le village. Durant cette période un diagnostic et une typologie des systèmes de production ont pu être élaborés à partir entre autre d'enquêtes portant sur la totalité des exploitations agricoles (M.J. DUGUE, 1986). Sur la base du volontariat des paysans et de cette typologie nous avons pu constituer un échantillon représentant tous les types d'exploitation sauf celui des agriculteurs âgés disposant d'une main-d'œuvre réduite. Pour les deux autres villages la constitution de l'échantillon d'étude ne repose pas sur une typologie établie préalablement mais uniquement sur le volontariat de paysans souhaitant travailler avec le projet de Recherche-Développement. Cette option privilégie à priori les exploitants les plus dynamiques ou les plus aisés. Ainsi le taux d'équipement en matériel de culture attelée de notre échantillon était nettement plus élevé que le taux moyen des trois villages d'étude (tableau 9), nous montrerons par la suite que le critère d'équipement n'est pas déterminant dans la mesure où le matériel est sous utilisé. Les exploitations agricoles mécanisées correspondent soit à des producteurs relativement aisés ayant des activités extra-agricoles, soit principalement, à des paysans faisant partie de groupements villageois dynamiques qui ont eu accès au crédit agricole. Les membres de ces groupements sont les interlocuteurs habituels du développement. Notre objectif étant d'apprécier les capacités d'adoption des innovations techniques par les producteurs, nous avons volontairement privilégié ce groupe de paysans.

Les enquêtes portent sur des éléments du système de production (facteurs de production) et les résultats obtenus. L'analyse des relations entre ces éléments (la main-d'œuvre disponible, le foncier cultivable) met en évidence des modalités de gestion différentes, par exemple l'organisation du travail au sein de l'exploitation agricole. L'étude des résultats obtenus (production céréalière) par rapport aux objectifs de l'agriculteur et aux conditions du milieu permet d'appréhender l'efficacité du système de production (la production céréalière par actif). Ceci repose sur le recueil de données que l'on peut présenter de façon chronologique. Le suivi des exploitations, centré sur les activités agricoles de saison de pluies, comprend :

- l'enregistrement des activités agricoles journalières, (quels types de travaux sur quelles parcelles) et des activités non agricoles ;
- le suivi des parcelles collectives : mesure de la surface, date des travaux, intrants utilisés, type de terrain, appréciation générale de la culture, estimation de la production par comptage des paniers récoltés ;
- l'évaluation des quantités produites sur les parcelles individuelles et estimation de leur surface.

Afin de mieux préciser la situation vivrière et alimentaire des exploitations un suivi régulier (mensuel) des stocks, des achats et des ventes de céréales a été effectué durant deux années: après la récolte de 1985 (de novembre 1985 à octobre 1986) et celle de 1986 (de novembre 1986 à octobre 1987). Un travail analogue a été mené sur les troupeaux afin d'établir la relation entre le bilan vivrier et le flux d'animaux (donc de capitaux).

Durant la saison sèche ces suivis sont complétés par des enquêtes sur la structure de l'exploitation (main-d'œuvre familiale, migrations, surface et qualité de la réserve foncière) et des interviews informelles avec les producteurs portant sur leurs objectifs et stratégies économiques (activités extra-agricoles, projets pour la saison de culture suivante, appréciation de la campagne agricole écoulée...). Les données portant sur l'évolution des systèmes de production et l'histoire des exploitations agricoles (pour les 20 dernières années) ont été difficiles à recueillir. Il s'agit principalement d'appréciations globales et qualitatives ; les données précises sur les variations sur une longue période de temps de la taille des troupeaux, du nombre d'actifs ou de la surface cultivée sont quasiment impossibles à obtenir.

2 - QUELQUES CARACTERISTIQUES STRUCTURELLES **DETERMINANTES POUR L'ANALYSE DU** **FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES DE PRODUCTION**

Nous étudierons successivement le foncier et la main-d'œuvre (très liés au point de vue quantitatif et qualitatif), et les autres moyens de production.

2.1 - L'organisation du travail et la répartition du foncier au sein des exploitations agricoles

L'importance de la surface des parcelles individuelles (des femmes ou des fils) par rapport à la surface totale de l'exploitation illustre bien le type d'organisation du travail au sein de l'exploitation :

- pour la grande majorité des exploitations de notre échantillon, le rapport surface cultivée individuellement/surface totale cultivée se situe entre 10 % et 30 %. Ceci correspond au schéma traditionnel : la majeure partie de la surface est constituée des parcelles collectives où tous les membres de la famille travaillent ensemble. Les travaux culturels sont sous la responsabilité du chef de famille ainsi que la gestion de la production. Les parcelles individuelles sont travaillées, le plus souvent en fin de journée, par les femmes aidées de leurs enfants ; la gestion de la production leur revient, elle est principalement autoconsommée.

Dix exploitations échappent à ce type d'organisation, ceci correspond à deux cas de figure :

- le chef d'exploitation est âgé (ou parti en migration), ses fils cultivent des grandes parcelles avec leurs femmes et enfants respectifs. La surface cultivée collectivement (1 jour sur 3) est le plus souvent constituée d'une ou deux parcelles. Les moyens de production sont utilisés en commun (matériel, animaux), ils appartiennent au chef d'exploitation. A sa mort, ses fils vont très certainement travailler séparément (6 cas sur 10) ;

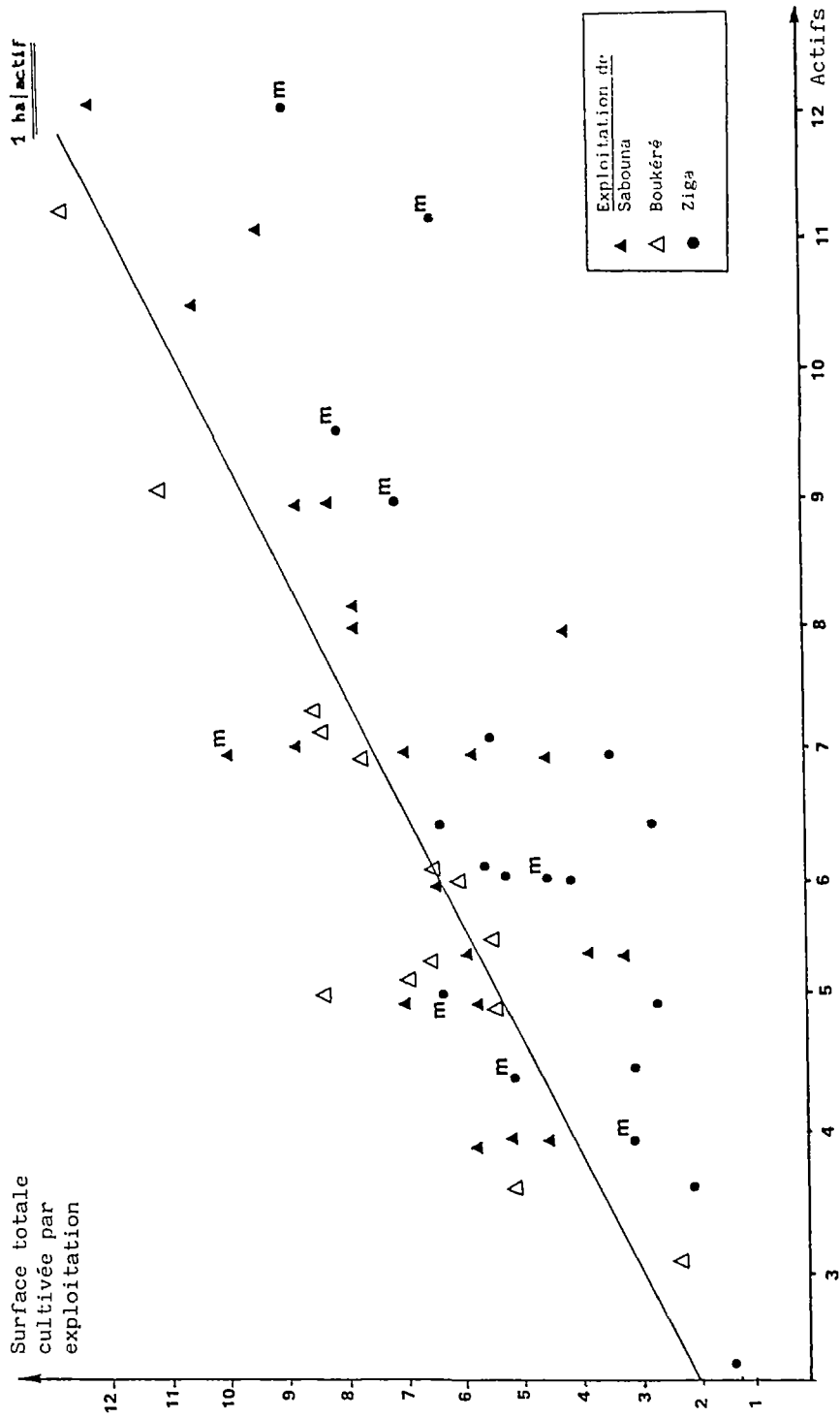
- les parcelles individuelles de femmes prennent une place prépondérante (en surface et en temps de travail) du fait d'un certain désintérêt du chef d'exploitation pour l'agriculture. Chaque femme cherche à cultiver la plus grande surface pour assurer (en partie) l'alimentation de ses enfants (2 cas sur 10).

La place de la production vivrière individuelle par rapport à la production totale est généralement sous estimée. Pour 44 % des exploitations enquêtées, la production individuelle représente plus de 20 % de la production totale. Ceci est lié à l'évolution récente des stratégies des femmes : augmentation de la part des céréales dans l'assolement individuel (75 % de la surface en mil et sorgho) au détriment de l'arachide. Elles doivent en effet aider leur mari à nourrir la famille (les greniers collectifs ne suffisent plus). Par ailleurs pour faire face aux besoins monétaires (fonction traditionnelle des parcelles individuelles) les céréales se vendent facilement, et à meilleur prix que l'arachide.

2.2 - La surface cultivée et les principaux facteurs de variation

Une analyse sommaire de la taille des exploitations et de ses facteurs de variation est nécessaire à la compréhension de leur fonctionnement (une exploitation de 2 ha cultivée par deux actifs n'a pas les mêmes problèmes qu'une exploitation de 10 ha cultivée par 10 actifs même si leur productivité du travail est équivalente).

Figure 15 : Productivité du travail : le rapport entre la surface totale cultivée par exploitation et le nombre d'actifs



Les deux tiers des exploitations ont une surface totale cultivée (parcelles collectives et individuelles) comprise entre 4 et 8 ha (annexe 4) intervalle généralement retenu pour le Yatenga (MARCHAL, 1983 ; BILLAZ, 1979...)

2.2.1. Surface cultivée, main-d'oeuvre familiale et migrations

On peut distinguer trois groupes d'exploitations classées selon leur taille et correspondant à des situations sociales différentes :

- le groupe des petites exploitations (inférieures à 4 ha, 10 cas sur 55) correspond à deux situations :

. l'exploitant agricole est âgé, ses fils sont partis en migration et il travaille uniquement avec ses femmes (5 cas) ;

. le chef d'exploitation a fait le choix de cultiver peu de surface par actif (le fait d'avoir peu d'actifs n'est pas motivant lorsque l'on cultive manuellement), soit parce qu'il exploite principalement des terrains productifs demandant une forte mobilisation de travail (bas-fond, 2 cas, ou piedmont de colline birrimienne, 2 cas) soit que la famille veut disposer de temps libre pour le commerce (1 cas).

Dans toutes ces situations, la surface cultivée par actif est inférieure à celle des exploitations de plus grande taille (0,4 à 0,6 ha/actif contre 0,6 à 1,56 ha/actif) [figure 15] ;

- le groupe des grandes exploitations (12 cas, surface cultivée supérieure à 8 ha) qui regroupe :

. de grandes familles (nombre d'actifs supérieur à 8) cultivant en grande partie collectivement (6 cas) ou par sous unités dirigées par les fils du chef d'exploitation (2 cas),

. des exploitations où la surface cultivée par actif est forte (1,2 à 1,5 ha/actif, 5 à 7 actifs) [3 cas]. Une seule de ces exploitations a adopté le sarclage mécanique ; ces exploitations sont caractérisées par la jeunesse de leur main-d'œuvre,

- le groupe des exploitations moyennes (4 à 8 ha) rassemble les deux tiers des exploitations enquêtées.

Moins de 20 % des chefs d'exploitation n'ont pas de frère ou de fils en migration et pour la plupart il s'agit d'hommes de moins de 40 ans dont les enfants sont trop jeunes pour quitter le village. Les départs en migration entraînent un vieillissement de la population et un déséquilibre entre main-d'œuvre féminine et masculine : les femmes mariées représentent, selon les exploitations entre 33 % et 68 % de la main-d'œuvre totale. Cela limite les travaux d'aménagement de saison sèche (très rarement réalisés par les femmes) et l'utilisation de la culture attelée ; à priori les femmes n'effectuent que les travaux manuels, le chef d'exploitation se faisant aider par ses enfants pour les travaux mécanisés. Il faut noter qu'il n'existe pas de salariat agricole, mais certains paysans peuvent faire appel pour des périodes de courte durée durant les sarclages à des manoeuvres temporaires.

Au niveau de l'économie de l'exploitation agricole, le départ en migration des jeunes peut être apprécié différemment selon les ressources monétaires qu'il engendre. Dans tous les cas l'émigration fait partie des choix stratégiques (plus ou moins imposés selon les cas) que peuvent faire le producteur et sa famille : migration courte pour faire face à une demande ponctuelle (mariage, déficit céréalier...), migration longue ou définitive en vue d'installer une partie de la famille dans le Sud-Ouest burkinabè en zone cotonnière (15 % des exploitations suivies) ou en Côte-d'Ivoire pour développer des plantations de café et de cacao (38 %).

2.2.2 Surface cultivée par actif et saturation du foncier

Les variations de la surface cultivée par actif sont importantes (de 0,4 ha à 1,56 ha/actif). Nous avons déjà remarqué qu'à des exploitations de petite taille (< 4 ha) correspondaient des surfaces par actif faibles (< 0,6 ha/actif). Pour les exploitations de moyenne (4 à 8 ha) et grande tailles (> 8 ha) la surface cultivée par actif est fortement liée au disponible foncier, ainsi on met en évidence de fortes différences entre villages (figure 15).

Village	Surface cultivée par actif		
	Moyenne (ha)	Maxi.-minimum	Coefficient de variation %
Ziga	0,70	1,17 - 0,4	27
Sabouna	0,92	1,38 - 0,45	27
Boukéré	1,10	1,56 - 0,77	18

A Ziga où la saturation foncière est la plus élevée (densité de population d'environ 80 hab./km²), la surface cultivée par actif est en général plus faible. Les exploitations où la surface cultivée par actif est supérieure à 1 se situent principalement à Boukéré et à Sabouna et sont caractérisées par :

- une main-d'œuvre familiale jeune : fils ou chef d'exploitation jeune ainsi que leurs femmes, entièrement mobilisée par l'agriculture en saison des pluies ;
- surface cultivable non limitante supérieure à 1,5 ha/actif. (cas de Boukéré principalement et de certaines familles de Sabouna) ;
- et plus rarement une mécanisation partielle du deuxième sarclage ou des projets dans ce sens (matériel parfois acheté avec le projet R-D plus ou moins utilisé pour le moment). Certains agriculteurs embauchent des manoeuvres temporaires pour effectuer une partie du sarclage.

2.2.3. Réserve foncière et statut de la terre cultivée

Il apparaît important d'apprécier la réserve foncière (jachère + terrain défrichable) mais cela pose des problèmes d'ordre méthodologique : mesure difficile à effec-

tuer, réserve foncière non attribuée à l'exploitation mais au lignage (« grande famille »), qualité des terrains très variable et difficile à évaluer. Nombreux sont les paysans qui qualifient de jachère des terrains anciennement cultivés et actuellement trop dégradés pour être remis en culture ; si ce n'est après des travaux d'aménagement et de restauration de la fertilité du sol.

Les différences entre les trois villages correspondent à celles concernant les densités de populations (tableau 10).

Tableau 10: Importance et qualité de la réserve foncière.

	Sabouna	Quartier Kerga	Boukéré	Ziga
Densité de population (hab./km ²)	60	(90)	25	85
Surface de la réserve foncière/exploitation en ha				
moyenne	2,3	(0,9)	3,4	1,7
maxi.-mini.	6 - 0	(2 - 0)	6 - 0	4 - 0
Qualité* de la réserve foncière/exploitation				
moyenne	1,2	(1,3)	2,5	1,3
maxi.-mini.	2 - 1	(2 - 1)	3 - 2	2,5 - 0,5

* Note de qualité de 0 (terre inculte) à 3 (jachère de qualité).

La surface moyenne de la réserve foncière (estimée visuellement) par exploitation est plus élevée à Boukéré (3,4 ha/exploitation) et à Sabouna (2,3 ha) qu'à Ziga (1,7 ha de réserve foncière par exploitation). La majorité des exploitations agricoles de Ziga et Sabouna se trouvent dans l'incapacité d'étendre leur surface cultivable (sinon au prix d'un travail important de régénération de sol). A Ziga la réserve foncière est épuisée ou de mauvaise qualité. A Boukéré l'incapacité à accéder à de nouvelles parcelles, déclarée par trois exploitations est temporaire. Ces trois chefs d'exploitation sont jeunes (30-35 ans) et la gestion de la réserve foncière familiale est entre les mains de leur père ou leur oncle qui sont toujours en activité. Pour conclure, notre échantillon comprend seulement dix neuf exploitations (34 %) en situation favorable qui ont accès à deux hectares ou plus de réserve foncière de qualité moyenne à bonne (note > 2, mise en culture possible sans aménagement préalable).

Le statut foncier de la terre cultivée est aussi un facteur déterminant pour sa mise en valeur. On distingue trois modes de faire-valoir :

- le faire-valoir direct, l'exploitant a hérité de ses parents l'usufruit des parcelles cultivables ;
- l'usufruit temporaire de parcelle de culture appartenant ou ayant appartenu à un ascendant commun à plusieurs exploitants qui cultivent la parcelle à tour de rôle (situation assez rare, observée uniquement à Ziga) ;

- l'emprunt : l'exploitant emprunte une (ou plusieurs) parcelle(s) à une (ou des) personne(s) étrangère(s) à son lignage résidant dans le même village ou dans un village voisin. Sur ces parcelles l'emprunteur ne peut pas engager des travaux d'amélioration foncière et d'aménagement (plantation d'arbres, construction de diguettes...).

Le mode de faire-valoir direct est le plus courant quel que soit le village. Pour 73 % des exploitations, la surface en propriété est comprise entre 100 et 95 %. Il reste 27 % des exploitations qui ont emprunté une ou plusieurs parcelles qui représentent de 6 à 91 % de la surface cultivée. Elles sont situées dans les trois villages :

- cinq à Sabouna dont quatre du quartier Kerga-Mossi et six à Ziga où la densité de population est forte. Pour trois d'entre elles (à Ziga) la surface empruntée représente plus de 50 % de la surface cultivée ;

- quatre à Boukéré, surtout par opportunité, pour disposer de parcelles de brousse de bonne qualité et de grande surface (> 2 ha).

L'importance (en quantité et qualité) de la réserve foncière disponible par exploitation et le statut foncier des parcelles cultivées en 1987 mettent en évidence trois situations :

- à Boukéré, les exploitations disposent en grande majorité de réserve de terre d'où des possibilités de défricher pour étendre la surface exploitée ou mettre en jachère certaines parcelles épuisées ;

- à Ziga et à Sabouna (quartier Mossi de Kerga), les réserves foncières sont très limitées, de mauvaises qualité. De plus la majorité des exploitations sont dépendantes d'autres exploitations (surtout des villages voisins) qui leur prêtent de la terre ;

- à Sabouna (quartiers Fulsé) la situation est intermédiaire, mais les terrains en réserve sont de très mauvaise qualité sauf ceux des parcelles abandonnées suite à l'accroissement du nombre de départs en migration en 1984-1985. Des possibilités d'extension des surfaces existent après régénération de sols.

2.3 - Appréciation de la qualité du parcellaire cultivé

2.3.1 - Dispersion des parcelles

La dispersion des parcelles d'une même exploitation sur l'ensemble du territoire du village et sur une large gamme de terrain est reconnue comme un atout limitant les risques face aux aléas climatiques (voir chapitre II).

Le nombre de parcelles de céréales par exploitations varie de 1 à 9 et la taille des parcelles de 0,15 à 5,7 ha. Elle est beaucoup plus élevée en moyenne à Boukéré et à Sabouna qu'à Ziga (annexe 5), le morcellement du foncier cultivable est fonction de l'ancienneté du village (60 ans pour Boukéré, 150 ans pour Sabouna, plus de deux siècles pour Ziga). La dispersion du parcellaire est le fait de la grande majorité des exploitations des

Figure 16 : Répartition des types de terrain par village

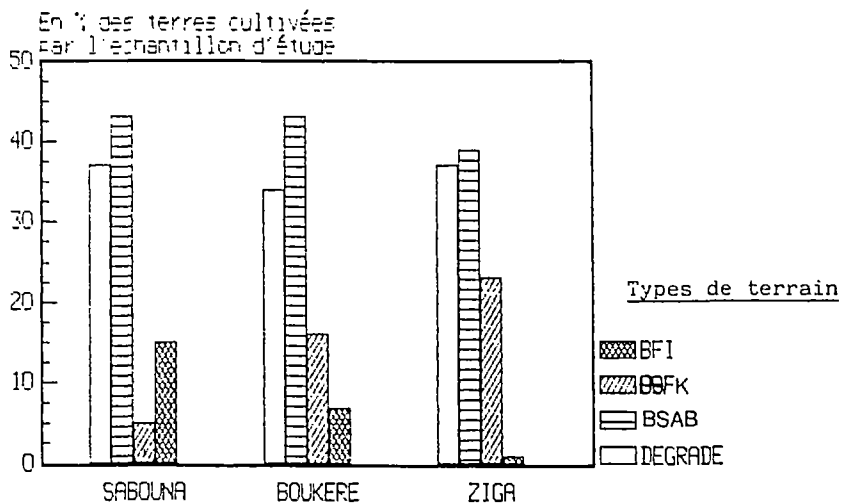
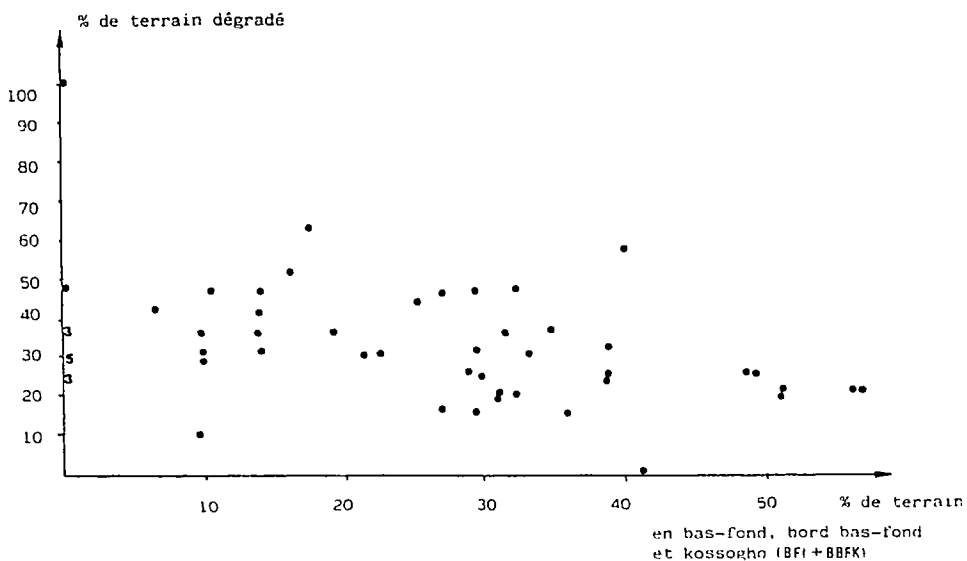


Figure 17 : Répartition des types de terrain par exploitation
et accès aux zones basses

(55 individus représentés)



trois villages (84 % cultivent au moins trois parcelles de céréales). Néanmoins neuf exploitations (16 %) ont un parcellaire constitué d'une parcelle principale (unique ou largement prépondérante en surface). Il s'agit d'agriculteurs possédant un foncier localisé à un seul endroit comme à Ziga ou qui ont choisi de concentrer leurs activités sur une parcelle bien qu'ils possèdent d'autres terrains de culture (parcelle située dans un talweg ou en bord de bas-fond) comme à Boukéré.

2.3.2 - Répartition des types de terrain par village et par exploitation

Nous avons évalué pour chaque exploitation (parcelles collectives uniquement) l'importance respective (en %) des quatre grands types de terrain définis ainsi :

- les bas-fond inondables (BFI) ;
- les bords de bas-fond et talwegs (appellation vernaculaire « Kossogho ») [BBFK] qui profitent des apports dus au ruissellement mais sans connaître des excès d'eau prolongés ;
- les terrains sablo-argileux et sableux profonds non dégradés (BSAB). Ce type regroupe les sols sableux de Sabouna et de Ziga, les sols nouvellement défrichés de Boukéré ;
- le groupe des terrains dégradés (DEG) ou peu profonds, peu productifs et sensibles à la sécheresse qui comprend les terrains gravillonnaires et caillouteux, les terrains sablo-argileux en cours de dégradation (érosion décapant l'horizon de surface et battance).

Les différences intervillages concernent principalement la répartition des terrains situés en zone basse (BFI, BBFK) [figure 16]. A Sabouna les exploitations cultivent principalement dans les bas-fond inondables, la moitié d'entre elles possèdent plus de 15 % de leur surface de culture dans ce type de terrain. Inversement à Ziga, ce type de situation est quasi inexistant (une seule exploitation est concernée). A Boukéré les crues sont si violentes que les zones inondables sont délaissées depuis 1986. Dans ces deux villages, les zones secondaires d'écoulement des eaux (talwegs) sont plus marquées et constituent des terrains de culture très intéressants pour le sorgho et le mil. Pour les autres types de terrain, la répartition est à peu près équivalente selon les villages. A noter qu'à Boukéré où la réserve foncière existe encore en périphérie du finage, les exploitations cultivent et aménagent des parcelles sur terrains dégradés principalement situées à proximité des habitations.

Les variations intravillages font apparaître d'importantes disparités entre exploitations agricoles (figure 17) :

- 43 % des exploitations ne cultivent pas en zones basses ou très peu (< 15 % de la surface totale) du fait de l'histoire de l'attribution et du morcellement des terres ;
- 24 % des exploitations cultivent dans des conditions de sols à priori défavorables (plus de 40 % de la surface cultivée se situe sur terrain dégradé et moins de 20 % en zone basse). A Ziga les cinq agriculteurs qui se trouvent dans cette situation n'ont pas d'autre choix que de cultiver sur ces terrains; il s'agit d'exploitations ayant seulement une parcelle principale de céréale.

Figure 18 : Assolement céréaliier des exploitations enquêtées

Place du sorgho par rapport aux terrains situés
en zones basses

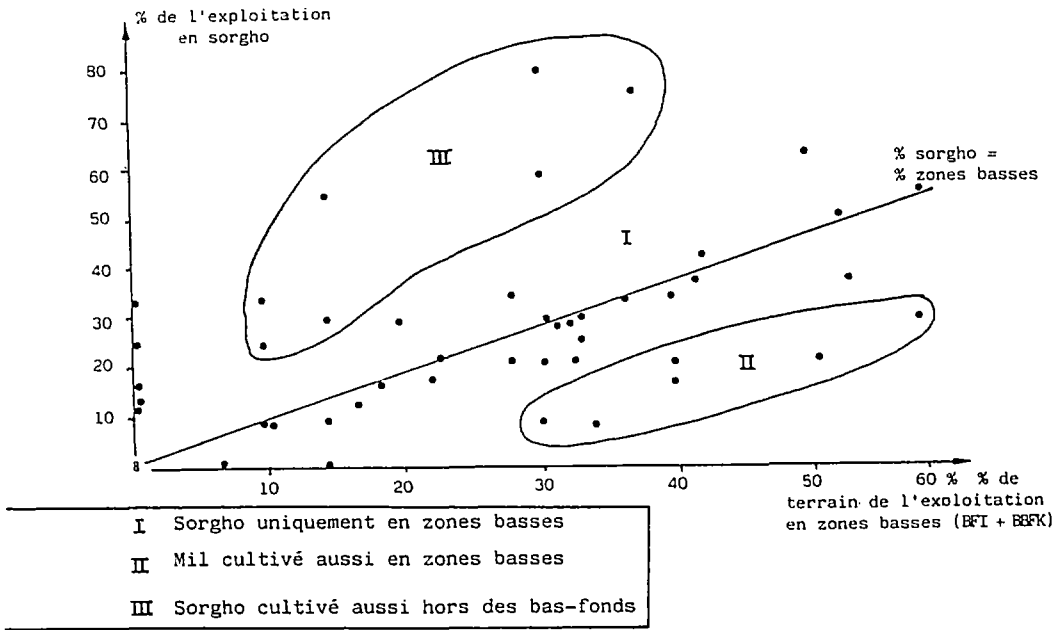


Tableau 11 : Assolement moyen d'une exploitation selon les villages
(en % de la surface totale cultivée)

	SABOUNA	BOUKERE	ZIGA
Mil moyenne (mini-maxi)	78 (48-100)	78 (63-100)	57 (11-84)
Sorgho	17 (0-52)	19 (0-32)	38
Arachide	3 (0-12)	2 (0-6)	3 (0-9)
Cultures divers (maïs, sésame)	2 (0-11)	1 (0-6)	2 (0-6)

2.3.3. Relation entre type de terrain et assolement

En règle générale l'assolement n'est pas une donnée structurelle mais traduit un choix de l'agriculteur au début de chaque saison de culture. En fait au Yatenga ce choix est limité (mil, sorgho, arachide, maïs de soudure, niébé associé aux céréales, sésame...) ; chacune de ces plantes est associée à une gamme de terrains bien précise. L'étude des relations entre assolement et type de terrain peut se résumer à la liaison entre la surface en sorgho (en % de la surface cultivée par exploitation) et celle en zone basse (BFI et BBFK). Par différence on caractérise la place du mil, les cultures secondaires (arachide, riz, maïs) représentant moins de 10 % des surfaces cultivées.

On distingue trois situations (figure 18) :

- le sorgho occupe, uniquement ou presque, les bas-fonds, comme c'est le cas principalement à Sabouna. Dans ce village les terrains en bas-fond ne peuvent porter que du sorgho (cycle long) du fait des excès d'eau, hors bas-fond les paysans ont abandonné la culture du sorgho au profit du mil depuis une dizaine d'années ;
- le sorgho est cultivé dans les zones basses mais aussi hors des bas-fonds. Cette situation est fréquente à Ziga, où cette culture est traditionnellement préférée au mil et était prépondérante il y a vingt ans. Il existe une large gamme de variétés locales dont certaines précoces (100 jours) qui s'adaptent assez bien au sol sablo-argileux de Ziga moins propice à la culture du mil que les sols plus sableux de Sabouna ;
- le mil est cultivé jusque dans des terrains en bas de toposéquence qui pourraient supporter du sorgho mais qui ne sont pas inondables. Il s'agit là d'une évolution récente (aux dires des producteurs) constatée principalement à Boukéré.

Ainsi pour une répartition équivalente pour les trois villages des quatre types de terrains retenus, le sorgho tient une place plus importante dans les exploitations agricoles de Ziga (tableau 11).

2.4 - Les autres moyens de production : cheptel vif, cheptel mort

2.4.1 - Les troupeaux

Les différences de structure des troupeaux entre villages sont liées à la présence ou l'absence de culture attelée bovine ce qui justifie d'étudier conjointement cheptel vif et cheptel mort.

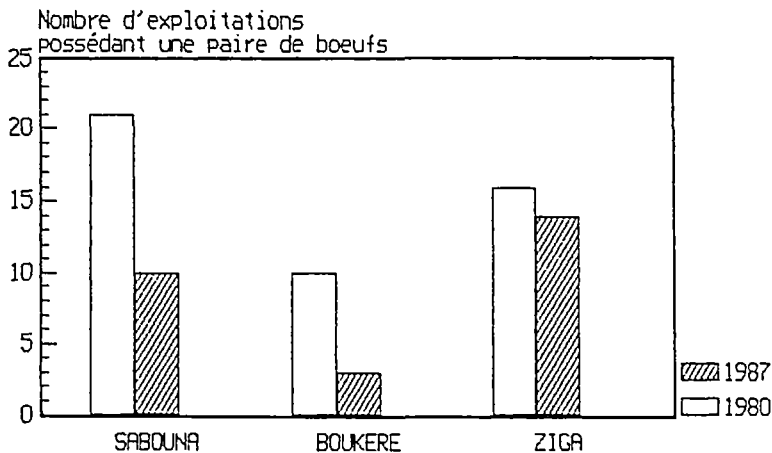
Notre méthode d'échantillonnage a privilégié à Ziga et Sabouna les exploitations en culture attelée. Ainsi pour ces deux villages vingt deux exploitations sur quarante et une ont au moins deux boeufs de trait, (soit au total 56 animaux) alors qu'à Boukéré il n'y a qu'une paire de boeufs de trait pour quatorze exploitations enquêtées. Le reste du cheptel bovin (44 boeufs d'élevage) est constitué de trois grands troupeaux ⁽¹⁾.

(1) Trois troupeaux de boeufs d'élevage constitués ainsi : 27 têtes pour un paysan-commerçant de Sabouna, confiées aux Peul, 26 têtes à Boukéré gardées par leur propriétaire qui les a achetées en 1986-1987 avec les gains de l'orpaillage et un troupeau de 11 têtes chez un autre paysan de Boukéré qui représente en fait le seul troupeau d'accumulation de notre échantillon.

Tableau 12: Typologie et évolution de la structure des troupeaux.

Type de troupeau	Évolution et choix stratégiques des paysans	Effectifs d'exploitation et %			
		Sahouna	Boukéré	Ziga	Total
I. Troupeau de petits ruminants (effectif limité < 15 ou pas d'animaux)	. vente importante pour acheter des céréales (1984-1986) . réduction	6	7	5	18 (32 %)
II. Troupeau constitué de 2 bovins (ou plus) et d'un troupeau de petits ruminants de faible effectif (< 15)	. vente importante de petits ruminants pour acheter des céréales (1984-1986) . réduction volontaire du nombre des petits ruminants du fait de la raréfaction des ressources fourragères et des vols d'animaux (Ziga) . maintien de la paire de boeuf de trait par renouvellement périodique	6	0	5	11 (20 %)
III. Développement ou maintien d'un troupeau mixte bovins et petits ruminants (> 15)	. le troupeau de petits ruminants se maintient par le fait des renouvellements	3	3	9	16 (29 %)
IV. Développement d'un troupeau de petits ruminants sans bovins (effectifs > 15)	. exploitations n'ayant jamais eu de bovins . exploitations ayant vendu la paire de boeufs de trait	3	4	0	7 (13 %)
V. Maintien d'un troupeau important de bovins hors du territoire du village et d'un troupeau de petits ruminants importants (effectif > 15) au village	. exploitants aisés de Sahouna ayant préférés élever leurs bovins en dehors du village, dans des régions où les ressources fourragères sont importantes (Sud-Ouest Burkina, Nord Yatenga)	4	0	0	4 (6 %)

Figure 19 : Variation du cheptel bovin de trait entre 1980 et 1987



Il faut ajouter à cela des petites unités de boeufs de trait (2 à 5) appartenant à des paysans de Sabouna qui ont préféré les confier, après la sécheresse de 1984 à leurs parents installés dans le Sud-Ouest burkinabè. L'objectif est alors de maintenir le troupeau en état et de développer l'exploitation « du sud » en pratiquant la culture du coton (qui nécessite un labour).

Les ânes tiennent une place importante dans les systèmes de production puisqu'ils tirent les charrettes, seul matériel de transport. Un tiers des exploitations suivies de Sabouna et deux tiers de celles de Ziga en possèdent au moins un qui est utilisé uniquement pour le transport, à Boukéré (68 %) l'élevage asin fournit à la fois des revenus monétaires (élevage naisseur) et du travail (transport et plus récemment travail du sol).

La place relative du cheptel bovin par rapport au troupeau de petits ruminants (ovins, caprins) au sein de la même exploitation permet de distinguer cinq types de troupeau et les stratégies qui y sont liées (tableau 12).

A Ziga et Sabouna les années de sécheresse ont limité le disponible fourrager, les agriculteurs n'ont pas pu et même n'ont pas essayé de développer les troupeaux ; ils ont procédé très souvent à des ventes importantes (petits ruminants) parfois supérieures aux besoins monétaires nécessaires à l'achat des céréales, ou ont préféré faire garder leurs bovins hors du village (par les Peul du Nord Yatenga, ou en zone cotonnière). Ceci, associé à l'accroissement de la mortalité naturelle, explique que le nombre d'animaux (exprimé en UBT) a fortement diminué de 1982 à 1986 (- 50 % à 80 %) [tableau 13]. Les exploitations de Boukéré sont aussi concernées par cette évolution (la moitié possèdent moins de 15 petits ruminants) alors que les ressources fourragères dans ce village n'ont jamais été limitantes en 1984 et 1985 du fait d'un pâturage aérien bien développé (OUOBA, 1985). C'est la preuve que ces exploitations ont connu elles aussi de très faibles récoltes de céréales en 1983, 1984 (M.J. DUGUE, 1986) et donc des difficultés économiques même si les conditions de production agricole sont plus favorables qu'à Ziga et Sabouna.

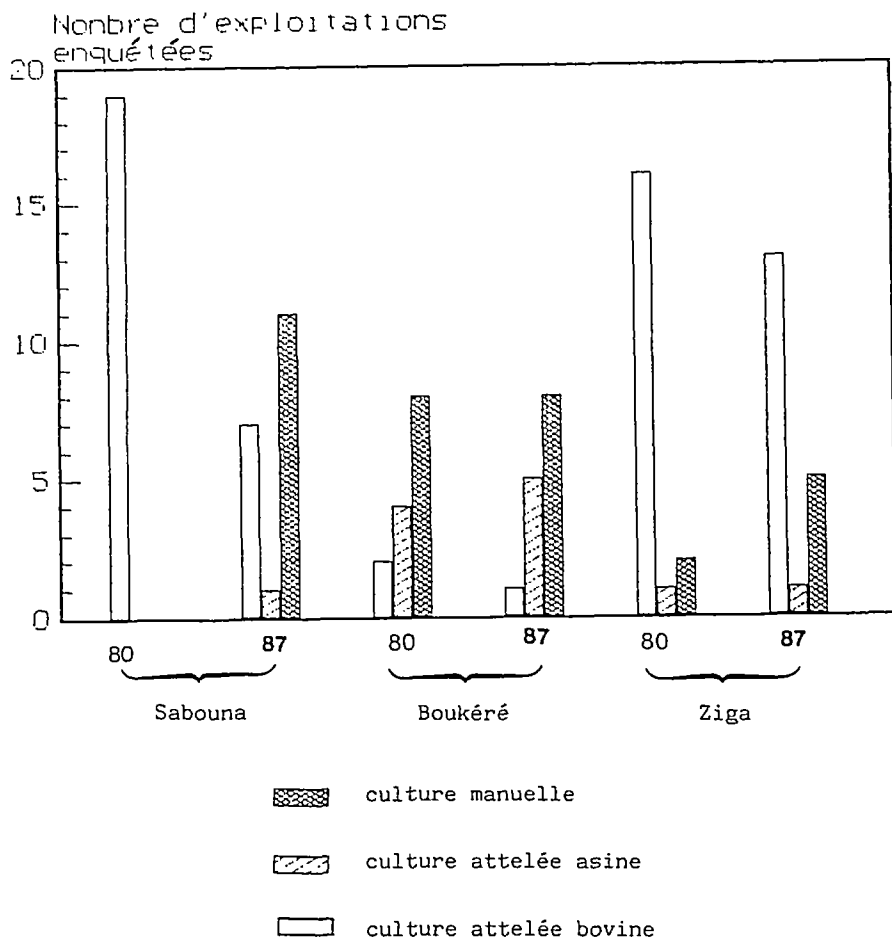
Tableau 13: Composition moyenne du troupeau par exploitation (1986).

Effectifs moyen par exploitation	Sabouna	Boukéré	Ziga
Bovins (trait + élevage)			
moyenne	1,6*	0,2*	1,9
mini.-maxi.	0 - 27	0 - 26	0 - 4
Âne			
moyenne	0,4	1,1	0,8
mini.-maxi.	0 - 2	0 - 4	0 - 3
Petit ruminant**			
moyenne	20	22	12
mini.-maxi.	7 - 46	0 - 50	1,5 - 27
Total en UBT en 1986			
moyenne	4*	3,4*	3,5*
mini.-maxi.	1,2 - 30	0 - 30	0,3 - 7,2
Estimation UBT en 1983			
moyenne	6,0	4,2	5,8

* Moyenne rectifiée en éliminant les trois troupeaux bovins importants (à Sabouna 27 bovins. Boukéré 26 et 11 bovins).

** Dix petits ruminants = 1 UBT = 1 bovin.

Figure 20 : Variation du taux d'équipement en culture attelée entre 1980 et 1987



Source de variation du taux d'équipement

Nombre d'exploitations suivies par situation	Sabouna	Boukéré	Ziga	Total
. Vente totale du matériel	3	1	0	4
. (Vente partielle, 1 élément de la chaîne de culture)	2	0	2	4
. Envoi du matériel dans le Sud-Ouest	2	0	1	3
. Vente des animaux (ou mortalité)	8	3	3	14
. Déplacement des boeufs de trait dans le Sud	2	0	0	2

Concernant les bovins, lorsque la culture attelée est réellement utilisée (Ziga), les agriculteurs ont toujours essayé de garder au moins une paire de boeufs au détriment des petits ruminants, la vente d'animaux âgés permettant de racheter de jeunes animaux et de financer une partie des besoins céréaliers. Lorsque l'utilisation des boeufs de trait est limitée, le cheptel bovin a fortement diminué durant la période 1980-1987 (Sabouna, Boukéré) [figure 19, annexe 6].

2.4.2 - Le matériel de culture attelée

La description du matériel des exploitations suivies a peu d'intérêt en soi et n'est pas représentative de la situation générale au Yatenga. En revanche l'évolution récente (1984-1987) du parc de matériel et de son utilisation est révélateur de la crise économique qu'ont connue ces exploitations. Alors qu'à Ziga la culture attelée s'est maintenue, à Sabouna on enregistre une forte régression due principalement à la vente et à la mortalité des animaux de trait ; près de la moitié des exploitations enquêtées ont abandonné la culture attelée après la période de 1982-1985. A Boukéré la culture attelée était peu diffusée et il s'agissait principalement de traction asine ; elle ne s'est maintenue que par le biais d'une opération de crédit⁽¹⁾ mise en place par le projet R-D (figure 20).

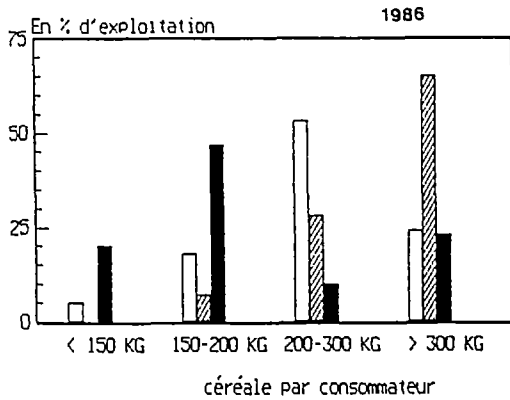
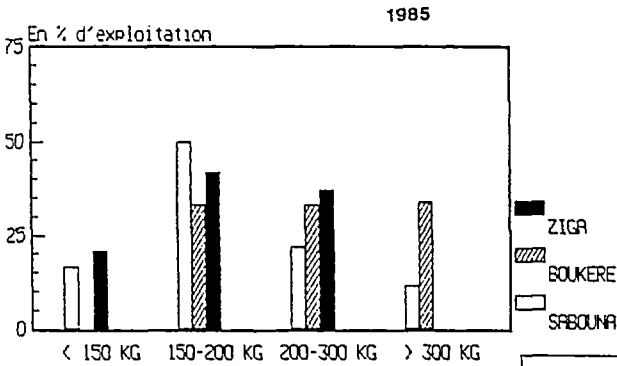
La relation entre le cheptel de trait (bovin, asin) et le parc de matériel de travail du sol (charrue, houe-sarceuse) montre que ce dernier est actuellement sous-utilisé par manque d'animaux. Le matériel aratoire est plus difficile à vendre qu'une paire de boeufs en cas de besoin financier. Ainsi les exploitations possèdent encore du matériel mais plus les animaux de trait. Comme pour les animaux de trait on observe des transferts de matériel (charrue et houe-sarceuse : 3 cas, charrette : 3 cas) du Yatenga vers les régions d'installation en zone cotonnière.

Le parc des charrettes a peu régressé mais il est devenu vétuste par non renouvellement (annexe 7). Pour l'échantillon enquêté le taux d'équipement en charrettes asines (en état) est de 36 % et donc inférieur à celui du matériel aratoire (56 %). La charrette est un matériel coûteux (quatre fois plus cher qu'une houe-sarceuse ou une charrue) que les paysans acquièrent le plus souvent dans le cadre d'opérations de crédit. Il faut ajouter que cet équipement tient une place prépondérante par rapport à la diffusion d'innovations techniques comme l'aménagement des parcelles, la fumure organique (transport du compost, du fumier) et l'élevage (transport des résidus de récolte, du foin...).

On constate donc que les moyens de production des exploitations sont très variables tant quantitativement que qualitativement. Cela a-t-il des conséquences sur leurs performances ?

(1) Crédit pour l'acquisition de houe-manga (1985-1986), dans les deux autres villages toutes les opérations de ce type menées par la Caisse nationale de Crédit agricole ont été interrompues à partir de 1982.

Figure 21: La production des exploitations agricoles exprimées en kg de céréale par consommateur

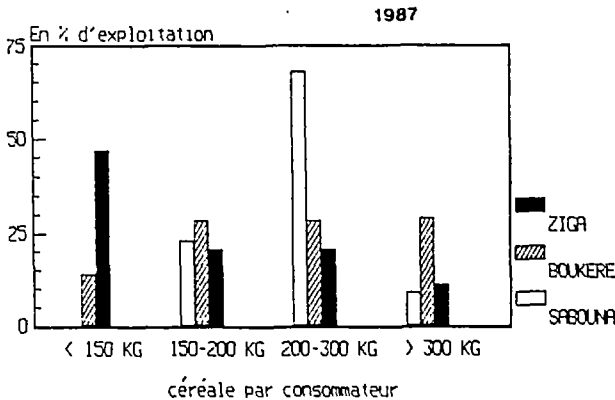


< 150 kg : exploitation non autosuffisante
achat important à prévoir

150 - 200 kg : achat de céréale limité

200 - 300 kg : exploitation autosuffisante
constitution de stock
limitée

> 300 kg : exploitation autosuffisante,
possibilités de stockage et
de vente.



3 - LES PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS AGRICOLES : LA PRODUCTION VIVRIERE ET LA PRODUCTIVITE DU TRAVAIL

L'autosuffisance alimentaire de la famille étant l'objectif majeur des producteurs nous avons retenu, pour évaluer les résultats globaux de ces exploitations, le critère de production céréalière par consommateur. La performance (ou productivité) du système technique de production végétale sera évaluée par la production céréalière par actif.

3.1 - Production céréalière par consommateur

Les besoins alimentaires en céréales sont évalués à 200 kg par personne et par an (BENEFICE et al, 1980). La production par consommateur est très variable selon les exploitations agricoles, le village et l'année (figure 21). Globalement l'année 1986 a été la plus favorable (66 % des exploitations sont autosuffisantes), 1985 la plus médiocre (seulement 42,5 % d'exploitations sont autosuffisantes), 1987 se situe entre ces deux années. Ceci correspond aux variations des conditions d'alimentation en eau des cultures. La production par consommateur est généralement plus faible à Ziga, surtout pour les campagnes 1986 et 1987 (difficultés au démarrage des cultures que l'on n'a pas rencontrées dans les autres localités). A Boukéré l'autosuffisance alimentaire est atteinte dans la majorité des cas.

Les exploitations agricoles non autosuffisantes sont obligées d'acheter des céréales, financées par la vente d'animaux ou des ressources extra agricoles. Les achats de céréales ne sont pas uniquement le fait d'exploitations non autosuffisantes : une majorité des exploitations ayant produit plus de 200 kg de céréales par consommateur en ont aussi acheté (27 exploitations sur 36 en 1986 et 12 sur 19 en 1985) pour différentes raisons :

- reconstituer des stocks de sécurité pour les années suivantes ;
- besoins familiaux supérieurs à 200 kg/consommateur (dons à des parents, fête, hébergement de parents) ;
- revendre à une période où les cours sont plus élevés (achat en novembre, vente en juillet).

Les exploitations qui ont vendu des céréales en quantité importante sont rares (principalement situées à Boukéré) même après la récolte de 1986, année la plus favorable.

Notre objectif n'étant pas de faire un bilan économique des exploitations, nous présenterons uniquement la relation entre les ressources provenant de l'élevage (principalement la vente de petits ruminants) et les besoins monétaires nécessaires à l'achat de céréales pour la période post-récolte 1985 (novembre 1985 - octobre 1986). Six exploitations n'ont pas eu besoin d'acheter des céréales et parfois même en ont vendues ; les trente cinq exploitations qui en ont achetées se répartissent en deux groupes :

- le revenu monétaire (vente d'animaux - achat d'animaux) est inférieur à la somme dépensée pour acheter des céréales (58 % des cas). Le chef d'exploitation doit nécessairement

financer ses achats vivriers à partir de ressources extra-agricoles (principalement les revenus des migrants) ;

- le revenu provenant de l'élevage est supérieur ou égal aux achats de céréales (48 % des cas). Mais ce résultat a été possible dans sept cas sur dix sept grâce à la vente de un ou deux boeufs, vente qui ne peut pas se renouveler chaque année.

Ce bref aperçu sur la capacité des exploitations à financer leurs achats vivriers montre la nécessité qu'elles ont d'assurer des revenus extra-agricoles principalement en développant des liens économiques avec les zones d'émigration. L'importance économique de l'élevage a régressé du fait de la diminution de la taille des troupeaux.

Pour notre échantillon le rapport consommateur/actif varie de 3 à 1,2, la moyenne étant de 1,9 ce qui correspond à la norme retenue en zone sahélo-soudanienne : le travail d'un actif nourrit deux consommateurs. Du fait de cette variabilité importante le critère « production de céréales par consommateur » ne peut pas être pertinent pour évaluer la productivité du travail des exploitations agricoles. Les causes de cette variabilité peuvent être la migration (les hommes quittent le village en laissant dans un premier temps femmes et enfants) ou plus naturellement l'âge du chef d'exploitation (un jeune paysan peut avoir beaucoup d'enfants trop petits pour travailler aux champs). En revanche, du point de vue économique et du point de vue de la compréhension du fonctionnement des systèmes de production, la production de céréale par consommateur reste le critère le plus important puisqu'il détermine le degré de réalisation de l'objectif principal des paysans : l'autosuffisance vivrière.

3.2 - La production céréalière par actif

La gamme de variation de la production céréalière par actif est très large même à l'intérieur d'un village et pour une même année.

Tableau 14 : Production céréalière par actif et par exploitation.

en kg / actif	Sabouna	Boukéré	Ziga	Total
1985 moyenne (mini.-maxi.)	385 (95-658)	569 (340-1 342)	323 (196-530)	411 (92-1 342)
1986 moyenne (mini.-maxi.)	519 (225-962)	794 (388-1 735)	395 (166-803)	546 (166-1 735)
1987 moyenne (mini.-maxi.)	447 (210-633)	518 (322-1 156)	306 (126-752)	416 (126-1 156)

Par exemple en 1986, année favorable même pour les exploitations ne cultivant pas en bas-fond, la production par actif varie de 225 kg à 1 735 kg. Les variations intervillages et interannuelles sont parallèles à celles de la production céréalière par consommateur (annexe 8) :

- la production par actif est plus faible à Ziga qu'à Sabouna. Les résultats sont supérieurs à Boukéré en 1985 et 1986 et équivalents à ceux de Sabouna en 1987 alors que la pluviosité était nettement plus favorable aux cultures dans ce dernier village ;

- l'année 1985 a été la plus mauvaise dans les trois villages suivie de 1987 et de 1986, année durant laquelle la pluviosité a été la plus régulière partout.

Quelques exploitations ont des niveaux de production par actif très supérieurs à la moyenne (2 à 3 fois la moyenne générale) dépassant parfois 1 000 kg/actif, ce qui permet de couvrir largement l'alimentation familiale et d'effectuer des ventes. Ces exploitations se situent à Boukéré, leurs performances s'expliquent par la conjonction de rendements élevés (rendements moyens en céréales compris entre 500 et 1 200 kg/ha) et surtout d'une forte productivité du travail (surfaces par actif comprises entre 1,4 ha et 1,65 ha).

Nous avons réparti les exploitations en quatre groupes de productivité pour les trois années et étudié la variation interannuelle de la composition de ces groupes :

- groupe I : exploitations peu productives, moins de 350 kg/actif, autosuffisance alimentaire non assurée ;

- groupe II : 350 à 400 kg/actif, autosuffisance alimentaire assurée si le rapport actif sur consommateur au niveau de l'exploitation est supérieur ou égal à 0,5 ;

- groupe III : 400 à 600 kg/actif autosuffisance alimentaire assurée, possibilité de constituer des stocks si les prélèvements annexes ne sont pas trop importants (ventes, dons, fêtes) ;

- groupe IV : > 600 kg/actif autosuffisance alimentaire assurée, possibilité de stocker et/ou de vendre les surplus.

Les échantillons enquêtés en 1986 et 1987 sont identiques (55 exploitations agricoles) ce qui permet d'effectuer une comparaison interannuelle (annexe 9). Vingt huit exploitations agricoles se classent dans le même groupe les deux années (dont 9 exploitations de Ziga faisant partie du groupe I, faible productivité/actif) dix exploitations sont passées en 1987 dans un groupe de productivité inférieur à celui de 1986 : évolution logique vu que les rendements en 1987 sont globalement inférieurs à 1986. Douze exploitations (principalement à Sabouna) ont évolué inversement, ceci peut correspondre à des exploitations cultivant une surface importante en bas-fond, inondée en 1986. Les différences de performances entre ces exploitations sont assez stables dans le temps, stabilité plus forte à Ziga et Boukéré qu'à Sabouna (la comparaison avec les résultats obtenus en 1985 aboutit au même constat).

Les fortes variations de production céréalière par actif⁽¹⁾ pour une même exploitation sont donc assez rares. Elles sont liées :

(1) Ces fortes variations entre 1986 et 1987 correspondent au passage du groupe de productivité III au groupe I ou l'inverse.

- soit à des événements naturels (inondation dans une parcelle principale) mais généralement du fait du morcellement du parcellaire, ceci est peu fréquent ;
- soit à des choix stratégiques et économiques : absentéisme de l'agriculteur en saison de culture (voyage, orpaillage) qui perturbe la bonne marche de l'exploitation ou mise en jachère d'une parcelle au profit d'une autre qui s'avère moins productive ;
- soit à une augmentation du nombre d'actifs (retour de migrants) tout en gardant la même surface cultivée du fait d'une impossibilité d'augmenter cette surface (pas de réserve foncière comme à Ziga).

Tableau 15: Variables retenues pour l'analyse de la production céréalière par actif.

Variable	Abrégé	
Type de terrain surface en : . terrain sableux et sablo-argileux	BSAB	en % de la surface cultivée en céréale
. terrain dégradé	DEGR	en % de la surface cultivée en céréale
. terrain de bas-fond et bord bas-fond	BFK	en % de la surface cultivée en céréale
Assolement surface en : . sorgho	SORGHO	en % de la surface cultivée en céréale
Taille du troupeau	UBT	en nombre d'UBT, tout cheptel confondu
. Productivité du travail surface cultivée par actif	STA	surface totale (parcelles collectives + individuelles) divisée par le nombre d'actifs
Productivité de la terre Rendement moyen en céréale	RM	production totale de mil + sorgho de de l'exploitation divisée par la surface cultivée en céréale
Performance de l'exploitation production céréalière par actif	VTA	production totale de l'exploitation (parcelle collective + individuelle) divisée par le nombre d'actif

3.3 - Variabilité intervillage et interannuelle de la production céréalière par actif

Pour chaque année et chaque village les coefficients de corrélation linéaire entre les variables de structure et de production céréalière des exploitants enquêtées ont été calculés (tableau 15, annexe 10).

Nous n'avons pas retenu la variable « surface sarclée mécaniquement » qui à priori est très liée à la surface cultivée par actif. Sur les cinquante cinq exploitations suivies, seulement sept, toutes situées à Ziga, pratiquent sur une surface importante ce type de sarclage. Du fait de la saturation foncière dans ce village cette pratique n'a pas entraîné une extensification des systèmes de culture (2 exploitations exploitent plus d'un ha par actif) comme cela pourrait être prévisible ailleurs.

Dans un premier temps on s'intéressera uniquement aux relations entre les variables de structure (terrain, troupeau, % en sorgho) et la production par actif. On observe un coefficient de corrélation supérieur à 0,5 dans trois cas seulement :

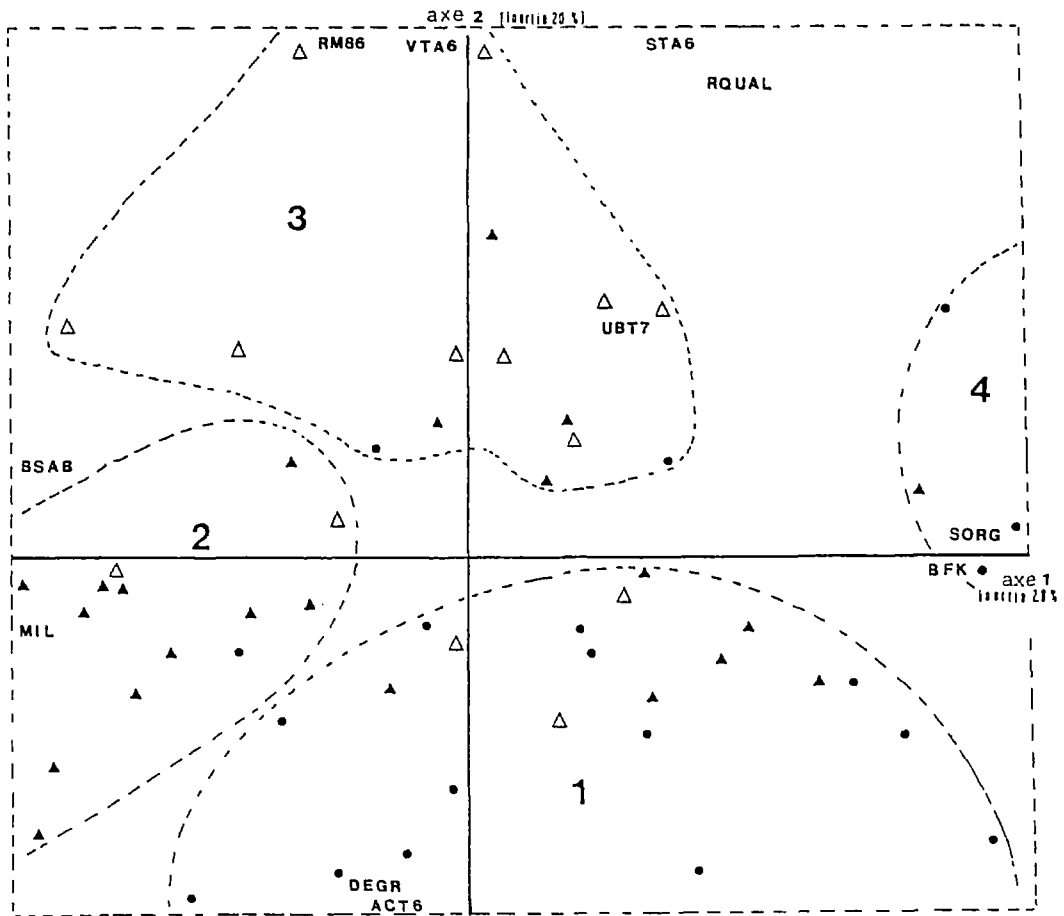
- entre le % de terrain en zone basse (BFK) et la surface cultivée en sorgho au niveau des exploitations ($r = 0,9$ à Sabouna et $0,5$ à Boukéré) ; relation logique et expliquée précédemment ;
- entre le % de terrain en zone basse (BFK) et la taille du troupeau uniquement à Boukéré ($r = 0,65$). L'hypothèse pouvant être que ces exploitations dont la surface en bas-fond ou bord de bas-fond est importante aurait eu des résultats plus réguliers surtout en période très sèche (1983-1984) et auraient moins vendu d'animaux que les autres ;
- entre la taille du troupeau en UBT et la production céréalière par actif à Ziga uniquement ($r = 0,52$ en 1986 et $0,68$ en 1987). Les exploitations les plus performantes ont plus de facilité à maintenir ou à développer leur cheptel.

A priori les variables de terrain définies à l'échelle de l'exploitation expliquent mal ou pas du tout les variations de la production par actif. Ceci se comprend assez bien dans la mesure où la grande majorité des exploitations disposent de parcelles sur plusieurs types de terrains.

Si l'on s'en tient à l'analyse des relations entre les variables de productivité (rendement, surface cultivée par actif) et la performance des systèmes de production (production par actif) on distingue trois situations qui dépendent de l'année (pluviométrie) et du village (annexe 10) :

- **premier cas** : la production par actif est liée quasi exclusivement au rendement moyen en céréale. En 1986 à Boukéré certaines exploitations ont obtenu d'importants rendements (tableau 14), ce qui a été déterminant, les exploitations cultivant de grandes surfaces par actif ayant du mal à maîtriser le sarclage. En 1985, à Sabouna, les rendements hors bas-fond ont été très médiocres (< 300 kg/ha) et peu variables, les exploitations qui ont obtenu de bons rendements en bas-fond ont obtenu une production par actif élevée;
- **deuxième cas** : la production par actif est liée principalement à la surface cultivée par actif (Sabouna 1987, Ziga 1985). Dans ce cas les exploitations qui obtiennent les meilleures performances sont les plus extensives (ou celles qui peuvent cultiver de grandes surfaces). A Ziga où le foncier est saturé on explique bien cette situation : les performances des exploitations cultivant une surface par actif limitée sont plus faibles. La seule possibilité d'augmenter la production par actif pour ces paysans est d'intensifier les systèmes de culture c'est-à-dire d'augmenter les rendements. Cette option, comme nous l'avons déjà entrevu n'est pas facile à mettre en œuvre surtout en année à faible pluviosité. A Sabouna, la variabilité des rendements moyens est faible en 1987, et l'option « extensive » s'est avérée plus performante.
- **troisième cas** : la production par actif est corrélée à la fois à la surface par actif, et au rendement moyen, c'est le cas de figure le plus courant (annexe 10). Les coefficients de corrélation entre le rendement moyen et la surface/actif étant faibles ($- 0,35 < r < 0,4$),

FIGURE 22 : Projection des variables et des individus de l'ACP
 "Performances des exploitations agricoles"
 (plan factoriel axe 1, axe 2)



Les individus = les 55 exploitations (trois villages confondus)

▲ Sabouna (22 exploitations)

△ Boukéré (14 exploitations)

● Ziga (19 exploitations)

on peut conclure que dans ces situations, les exploitations les plus performantes ont à la fois les meilleurs rendements et les surfaces cultivées par actif les plus grandes.

En simplifiant, on peut conclure que le système extensif (surface par actif élevée) n'est pas toujours plus performant que le système intensif (rendement élevé) sauf à Ziga où certaines exploitations manquent de terre et ne peuvent pas valoriser leur main-d'œuvre familiale. Les variables de productivité de la terre et de productivité du travail sont peu corrélées ou pas du tout selon les cas ($-0,4 < r < 0,4$). Le rendement moyen de l'exploitation ne baisse pas systématiquement lorsque la surface cultivée par actif augmente.

3.4 - Variabilité interexploitation de la production céréalière par actif

Les différences entre exploitations - qui sont déterminantes pour l'établissement d'une typologie - sont décrites par une analyse des composantes principales (ACP) prenant en compte les 55 exploitations, et les variables décrites précédemment (tableau 15) auxquelles on a ajouté les deux variables suivantes : le nombre d'actifs (ACT6) et la surface de réserve foncière (RQUAL). Les résultats de l'ACP étant équivalents pour les trois années étudiées, on présentera uniquement ceux correspondant à 1986, année où la pluviosité a été voisine dans les trois villages.

Les deux premiers facteurs expliquent 48 % de la variance totale et déterminent le plan factoriel (axe 1 - axe 2) [figure 22] :

- le facteur 1 (axe 1) correspond à la structure de l'assolement : les pourcentages en mil et en terrain sablo-argileux s'opposent logiquement aux pourcentages en sorgho et en bas-fond ;
- le facteur 2 (axe 2) correspond à la performance de l'exploitation agricole (production céréalière par actif) et à ses deux composantes le rendement moyen en céréale et la surface cultivée par actif.

L'intérêt de cette méthode est de pouvoir projeter sur le même plan factoriel formé par les axes 1 et 2, les individus (ou exploitations) [figure 22] ainsi que les variables explicatives. On peut ainsi distinguer quatre grands groupes d'exploitations :

- groupe 1 : exploitations peu performantes dont l'assolement peut être dominé par le mil ou le sorgho, constitué principalement d'exploitations de Ziga ;
- groupe 2 : exploitations peu performantes dont l'assolement est dominé par le mil (+ terrain en majorité sableux-sablo-argileux), constitué principalement d'exploitations de Sabouna ;
- groupe 3 : exploitations performantes, dont l'assolement est soit dominé par le mil, soit constitué de mil et de sorgho, groupe constitué principalement d'exploitations de Boukéré ;



Photo 3 : Un troupeau de petits ruminants conduit au pâturage en saison de culture. Ce type d'élevage est une des sources de revenu les plus importantes au Yatenga.



Photo 4 : Paysan-commerçant partant au marché. Le commerce est une activité très courante. A noter l'importance économique du vélo : moyen de transport (marchandise, fumier, pierre...) et moyen de déplacement (migration vers le sud).

- groupe 4 : exploitations moyennement performantes, dont l'assolement est dominé par le sorgho, groupe très réduit (3 exploitations de Ziga, et 1 de Sabouna).

Il est probable qu'en 1984 la répartition des variables et des individus sur le premier plan factoriel aurait été différent : les agriculteurs cultivant une forte proportion de terrains en zone basse pourraient être plus productifs. Il faut noter toutefois pour 1986 qu'aucune exploitation de Sabouna cultivant principalement du mil n'obtient une production céréalière par actif élevée.

A partir de cet ensemble de résultats concernant la productivité des exploitations, il est possible d'émettre deux hypothèses non contradictoires :

- la productivité des exploitations pourrait dépendre principalement de la qualité des pratiques culturales (qui détermine le rendement) et de la capacité à mobiliser et organiser la main-d'œuvre familiale (qui détermine la surface cultivée par travailleur et donc la surface totale de l'exploitation);

- l'effet terrain n'apparaît pas dans ces résultats (si ce n'est à Sabouna) car le parcellaire cultivé est réparti selon les différents types de terrain retenus et il y a rarement un type de terrain dominant.

Il apparaît donc indispensable d'analyser l'élaboration du rendement au niveau de la parcelle en fonction de la qualité des pratiques culturales et des conditions édaphiques. L'analyse globale des performances des exploitations agricoles a permis de mettre en évidence ou de confirmer les variations interannuelles (liées au climat) et les variations intervillages (liées aux caractéristiques du milieu physique et à son mode de mise en valeur).

Tableau 16: Typologie de fonctionnement des exploitations agricoles.

Type	Objectifs et résultats	Stratégies de production au Yatenga	Contraintes pour le développement	Effectifs
I	<ul style="list-style-type: none"> - Développer des activités hors du Yatenga - Exploitation agricole qui se désagrège du fait du départ du chef d'exploitation - Autosuffisance alimentaire non réalisée 	<ul style="list-style-type: none"> - Produire des céréales sur la parcelle individuelle afin de subvenir aux besoins des membres de la famille restés au village. Ne pas limiter les départs des fils 	<ul style="list-style-type: none"> - A terme disparition de l'exploitation agricole en tant que telle 	<p>3 (6 %) Z : 1 (S : 2)</p>
II	<ul style="list-style-type: none"> - Subvenir aux besoins de la famille sans envisager de migration définitive - Autosuffisance alimentaire non atteinte : IIa - soit du fait d'un parcellaire limité et dégradé IIb - soit par désintérêt pour l'agriculture 	<ul style="list-style-type: none"> - Développer des activités non agricoles principalement au Yatenga permettant d'acheter des céréales (revenus rapides) : commerce, orpaillage.... Si nécessaire effectuer des migrations de courtes durées 	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitant peu mobilisable pour des travaux d'aménagement demandant un fort investissement en travail - Investissement pour l'agriculture limité ou nul, cheptel réduit - Difficulté de dégager des revenus à partir du petit commerce ou de l'artisanat local 	<p>15 (27 %) (S : 5) (Z : 5) (B : 5)</p>
III	<ul style="list-style-type: none"> - Subvenir aux besoins de la famille sans limiter des départs des fils en zone d'installation hors du Yatenga - Exploitant âgé (> 60 ans) pas de remplacement envisagé IIIa - Autosuffisance atteinte du fait de conditions de terrain favorables IIIb - Autosuffisance alimentaire non atteinte 	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer les besoins de la famille à partir des activités des fils migrants et/ou essayer de développer la production céréalière en augmentant les rendements (intérêt pour les travaux d'aménagement...) 	<ul style="list-style-type: none"> - L'force de travail limitée (faible nombre d'actifs, personnes assez âgées) mais intérêt pour les thèmes d'intensification et de préservation de l'environnement 	<p>14 (25 %) (S : 5) (B : 3) (Z : 6)</p>
IVa	<ul style="list-style-type: none"> - Autosuffisance alimentaire atteinte presque chaque année - Subvenir aux besoins de la famille, dégager des revenus monétaire et préserver les acquis (troupeau, terrain...) - Exploitation agricole dont la autosuffisance est atteinte du fait principalement de condition de terrain favorable 	<ul style="list-style-type: none"> - Préserver les acquis : conserver le capital troupeau, la fertilité des terrains (jachère, aménagement...) afin de maintenir une production céréalière par actif élevée - Si possible développer des pôles d'activités hors du Yatenga à partir des revenus de l'agriculture et de l'élevage 	<ul style="list-style-type: none"> - Des possibilités de développement existent mais l'investissement pour l'agriculture reste limité afin de conserver les acquis (système traditionnel caractéristique de Boukéré) 	<p>8 (15 %) (S : 3) (Z : 1) (B : 4)</p>
IVb	<ul style="list-style-type: none"> - Subvenir aux besoins de la famille du point de vue vivrier et monétaire à partir de l'agriculture au Yatenga. Développer l'exploitation agricole avec un objectif à long terme d'amélioration des conditions (terrain, troupeau,...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitant agricole misant beaucoup sur l'agriculture - Mobilisation importante du travail en saison des pluies et en saison sèche - Agriculteur pouvant prendre des risques technico-économiques car ils disposent de garantie (stock céréalier, revenu extra-agricole, appui extérieur) 	<ul style="list-style-type: none"> - Le processus d'intensification peut être limité par la qualité des terrains de culture et les capacités financières des exploitations 	<p>15 (27 %) (S : 7) (B : 2) (Z : 6)</p>

S: Sabouna ; Z : Ziga ; B : Boukéré.

CONCLUSION

Essai de typologie des exploitations agricoles et conséquence pour le développement.

Les performances des exploitations agricoles du Yatenga dépendent des facteurs de production dont dispose l'agriculteur et des stratégies techniques et économiques qu'il met en oeuvre pour atteindre les objectifs qu'il s'est fixés. L'ensemble de ces résultats et de ces facteurs permettent d'établir une typologie des exploitations agricoles que l'on a enquêtées (tableau 16).

Chaque type est caractérisé par un degré d'autosuffisance vivrière, par les objectifs et les stratégies des agriculteurs et les contraintes majeures qu'ils rencontrent. L'analyse des relations entre les types d'exploitations d'une part et les groupes de production définis précédemment la taille du troupeau et le degré d'utilisation de la culture attelée d'autre part (tableau 17) fait apparaître :

- que les exploitations les plus performantes (groupes 3 et 4 - forte production par actif) se situent principalement dans le type IV : exploitations ayant axé leur stratégie économique sur le développement de l'agriculture ;
- que la taille des troupeaux ne diffère guère d'un type à un autre (si on exclut le type I, représentant les exploitations qui vont disparaître). Ceci s'explique par le fait que la culture attelée (utilisée ou pas) est représentée dans des proportions équivalentes dans les trois types et que peu d'agriculteurs (même ceux du type IV) ont misé sur un développement de l'élevage ;
- que la culture attelée est principalement utilisée par les exploitants du type IV les plus dynamiques et les plus intéressés par le développement de l'agriculture.

Le point commun de la plupart de ces exploitations est l'importance de leur activité extra-agricole au Yatenga et hors de la province. Une estimation des gains tirés en 1987 des activités extra-agricoles autres que celles des migrants montrent qu'ils sont généralement inférieurs à 50 000 FCFA par exploitation et par an (annexe 12). Les gains supérieurs à ce montant correspondent à des situations particulières : commerce (5 cas), salaires ou pensions (4 cas). Pour faire face aux besoins familiaux, le chef d'exploitation doit le plus souvent se tourner vers l'extérieur. Ceci explique que l'objectif principal à long terme des producteurs est le développement des pôles d'activité hors du Yatenga permettant de dégager des revenus monétaires et ainsi de sécuriser l'approvisionnement en céréales des membres de la famille restés au village. Trente exploitations de notre échantillon (54 %) ont déjà des fils ou des frères qui sont actuellement chefs d'exploitation en basse Côte-d'Ivoire ou dans le sud-ouest burkinabè. Il est probable qu'une partie de ces migrants entretiennent peu de relations avec leur famille restée au village,

Tableau 17: Typologie et quelques caractéristiques des exploitations agricoles enquêtées.

a) Typologie et performance des exploitations.

Effectif d'exploitation	Groupe de productivité céréalière par actif			
Type d'exploitation	N° 1 < 350 kg/actif	N° 2 350 à 400 kg	N° 3 400 kg à 600 kg	N° 4 > 600 kg/actif
I	1	2	-	-
II	3	7	2	2
III a b	- 5	- 6	3 -	- -
IV a b	0 6	3 3	5 4	0 2

b) Typologie et culture attelée.

Type d'exploitation	Effectifs d'exploitation		
	Culture manuelle	Culture attelée peu ou pas utilisée	Culture attelée utilisée
I	3	-	-
II	8	5	2
III (a + b)	6	6	2
IV (a + b)	7	7	9

c) Typologie et taille du troupeau

Type		Taille du troupeau		Nb. d'exploitation par type
		Nombre de petits ruminants	Bovins	
I	Moyenne (maxi.-mini.)	10 (20 - 2)	0	3
II	Moyenne (maxi.-mini.)	16 (35 - 0)	1.3 (2 - 0)	15
III	Moyenne (maxi.-mini.)	18 (45 - 4)	1 (2 - 0)*	14
IV	Moyenne (maxi.-mini.)	21 (53 - 8)	1.5** (4 - 0)	23

* Un troupeau de 25 têtes non pris en compte dans la moyenne.

** Deux troupeaux (11 et 27 têtes) non pris en compte dans la moyenne.

il s'agit là de stratégies individuelles influençant peu ou pas le fonctionnement de l'exploitation agricole. Dans d'autres cas le chef de famille resté au Yatenga participe effectivement à cette stratégie d'installation, en transférant du matériel ou une partie du troupeau (vers la zone cotonnière burkinabè) mais surtout en finançant les premiers voyages vers le sud ou en décidant d'y envoyer tel ou tel fils.

Ceci permet d'expliquer en partie les difficultés que l'on rencontre lors de l'élaboration de programmes de développement agricole au Yatenga. Outre la diversité des exploitations (caractéristique commune à la plupart des sociétés agraires), le manque d'objectifs et de stratégie à long terme des agriculteurs du Yatenga ne facilite pas le travail des organismes de développement. Ceci s'explique principalement par le renforcement des aléas climatiques et les variations de production qui en découlent mais aussi par les difficultés à mettre en place des activités économiquement rentables (agriculture, élevage, artisanat...) ; le travail dans les zones d'immigration apparaît tout de suite beaucoup plus rémunérateur. Les stratégies de production agricole ne concernent que la saison de culture à venir (parfois un peu plus lorsqu'il s'agit d'aménagement), la précarité des revenus agricoles rend la situation des agriculteurs peu stable : un paysan ayant débuté des travaux de lutte contre l'érosion durant une ou plusieurs années peut très bien quitter le Yatenga du jour au lendemain.

Si l'on revient à l'évolution du groupe de paysans enquêtés, on constate en 1987 que pour 55 exploitations agricoles, volontaires (3 à 5 années avant) pour tenter une expérience de développement, vingt trois (type IV) sont encore réellement intéressées par cette expérience qui coïncide avec les stratégies qu'elles mettent en œuvre. Doit-on travailler uniquement avec ce type d'exploitation ou élargir le domaine d'intervention du développement à d'autres secteurs d'activités ? (artisanat, commerce...). Peut-on adapter à chaque type d'exploitation des propositions techniquement réalisables et économiquement rentables ? Avant d'apporter des éléments de réponses à ces questions, il est nécessaire de préciser comment les agriculteurs gèrent leur facteurs de production en vue de satisfaire leurs besoins vivriers.

CHAPITRE II

PRATIQUES ET STRATEGIES DES PAYSANS EN MATIERE DE CONDUITE DE CULTURES

1 - DISPOSITIF ET METHODES D'ENQUETE

L'échantillon d'exploitations enquêté est le même que précédemment ; pour chaque exploitation les activités agricoles journalières et leurs caractéristiques sont enregistrées ce qui permet d'établir l'itinéraire technique de chaque parcelle et le calendrier cultural :

Type d'observation	Observations réalisées
Suivi journalier du travail	Date, nombre d'actifs, type de travaux agricole ou activités non agricoles (dont repos)
Qualité des opérations culturales	% de la surface de la parcelle labourée ou scarifiée % de la surface de la parcelle abandonnée au 1 ^{er} ou au 2 ^e sarclage ou à la récolte dose et répartition de la fumure
Qualité du terrain	Type de sol, importance du ruissellement,...
Rendement moyen parcellaire	Nombre de paniers de céréales récoltés, ou de cultures secondaires Surface mesurée

Dans cette étude notre objectif principal est d'appréhender le fonctionnement de l'exploitation agricole durant la saison de culture et en particulier les choix techniques actuels des producteurs (quelle parcelle est semée en premier ? Comment est géré le temps de travail disponible).

La discussion sur les possibilités d'adoption par les producteurs d'innovations techniques ponctuelles ou d'itinéraires techniques plus performants, sera abordée dans la cinquième partie de ce document.

Les rendements parcellaires dont on discutera par la suite, correspondent à des rendements moyens (production de la parcelle/surface) qui masquent l'hétérogénéité intraparcélaire. Il est évident que l'analyse fine de la variabilité des rendements en céréales de ces exploitations aurait demandé d'établir un diagnostic agronomique beaucoup plus précis reposant sur un large échantillon de *situations culturales* (MILLEVILLE, 1972, 1974). Une situation culturale correspond à « une unité de surface homogène, à l'échelle de l'observation agronomique quant au milieu physique et au mode de conduite de la culture pratiqué » (JOUVE, 1985). L'hétérogénéité intraparcélaire des rendements est liée à la

fois à l'hétérogénéité du terrain et à la variabilité des effets des opérations culturales. Celle-ci est importante dans les systèmes de culture manuels : le sarclage d'une parcelle peut demander une dizaine voire une vingtaine de jours. La mécanisation des sarclages (1 ha peut être sarclé en deux ou trois jours) permet de réduire cette hétérogénéité.

Les diverses opérations culturales sont présentées très succinctement dans le prochain paragraphe, la description de ces techniques ayant déjà fait l'objet de divers travaux (MARCHAL, 1984 ; de MILLY, 1983 ; FAHO, 1983). Dans un deuxième temps, l'analyse des calendriers agricoles nous permettra de discuter des différentes stratégies mises en œuvre par les agriculteurs pour conduire leurs cultures. Enfin nous analyserons brièvement la variabilité des résultats obtenus par les paysans c'est-à-dire les rendements parcel-laires.

2 - DESCRIPTION DES PRATIQUES A L'ECHELLE DE LA PARCELLE

2.1 - Les opérations culturales

Les différentes opérations culturales sont présentées en principe par ordre chronologique d'intervention, sous forme de tableau ; leur description plus précise est renvoyée en annexe (annexes 13 à 14). Il ne faut cependant pas oublier qu'au niveau d'une même parcelle et à fortiori d'une exploitation, des chevauchements entre opérations existent.

2.1.1 - Les interventions avant semis

Opérations culturales	Objectifs et modalités	Fréquence (1987)	Localisation géographique	type ** d'exploitation
Aménagement des parcelles	Lutte contre le ruissellement, retenir l'eau sur la parcelle, en construisant (février-juin) - des cordons pierreux (90 % de la surface aménagée) - des diguettes en terre GERES et FDR (presque disparu)	1/3 de la surface cultivée est aménagée	- terrain en voie de dégradation - trois villages	III et IV
Nettoyage	Nettoyer les terrains (mai-juin) avant semis : - en coupant les repousses d'arbustes - en brûlant les résidus et ses repousses ou maintenant en les déposant sur des Zipellé	- 22 % des parcelles sont nettoyées à Ziga et Sabouna - 79 % à Boukéré	- parcelle en zone basse - parcelle en zone base + hors bas-fond non dégradé	*
Paillage	- retenir le ruissellement, limiter l'évaporation, fertiliser en déposant une couche de paille de brousse (graminées) sur le sol	Très rare (quelques parcelles à Ziga en 1983)	Parcelles sèches (haut de pente)	III et IV
Travail du sol avant semis	Améliorer l'infiltration de l'eau et limiter l'enherbement par : - travail du sol manuel - labour et scarifiage en traction bovine (ou asine)	Moins de 5 % surface (parcelle d'arachide, Zay) 4 % de la surface à Boukéré 12 % à Sabouna 40 % à Ziga	Trois villages Hors-bas fond et Talwegs, sur de et petites portions de parcelles	* IV (II et III)

* Correspondant à l'ensemble des exploitations (tous types confondus) ** Voir typologie tableau 16

L'aménagement de la parcelle n'est pas à proprement parlé une opération culturale. Les paysans considèrent qu'il est indispensable dans certaines situations de terrain et chaque année avant les semis ils construisent un ou deux cordons pierreux supplémentaires. Le transport des pierres (blocs de cuirasse) est long et pénible lorsque l'on ne dispose pas de charrette.

Le travail du sol manuel en sec (« zay ») évoqué précédemment n'a été observé qu'une dizaine de fois entre 1985 et 1987 et toujours à Boukéré ; les surfaces concernées sont toujours inférieures à 0,1 ha par exploitation et par an. Le travail du sol en humide est réalisé par un attelage conduit par trois personnes, le reste de la famille s'occupant des semis. Si le scarifiage (travail du sol presque toujours réalisé à Ziga) ne nécessite qu'une pluie de 15 à 20 mm, le labour, pour être bien réalisé, demande un profil humidifié au-delà de la profondeur de travail souhaitée. Une pluie de 20 à 25 mm est nécessaire ; mais si elle tombe sur un sol sec, le ruissellement sera élevé et le profil pas assez humide pour effectuer un bon travail. Les conditions optimales seront atteintes après deux ou trois épisodes pluvieux de 20 mm ou après une très grosse pluie (> 40mm). Si le profil est trop sec ou trop humide, le labour peut créer des discontinuités structurales défavorables aux cultures et favorisant l'érosion.

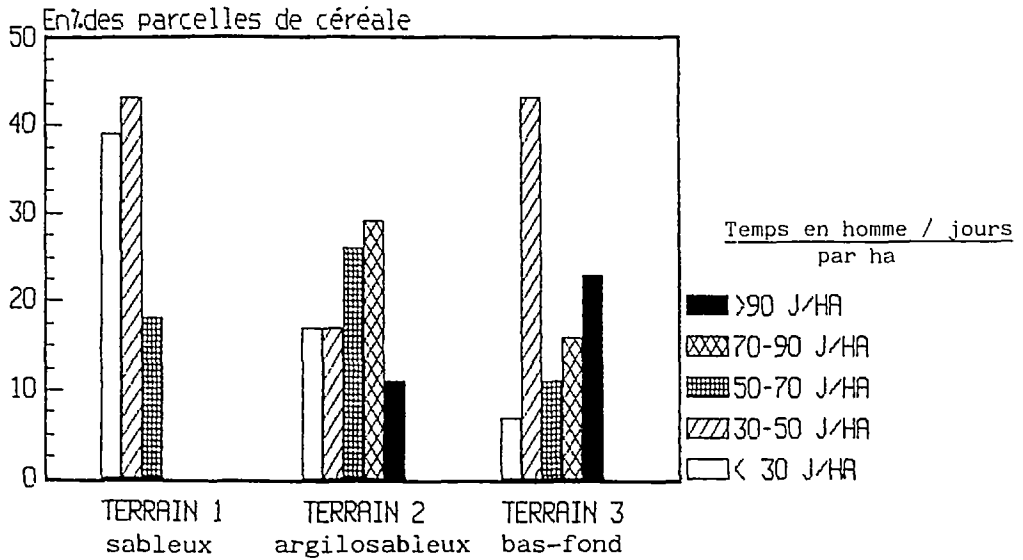
2.1.2 - Le semis et l'entretien des cultures

Opération culturale	Modalités	Fréquence (1987)	Localisation géographique	Type d'EA
Semis	Semis en poquet (7-12 graines de mil ou sorgho) associé dans 75 % des cas au niébé (faible densité 2 000 pieds/ha) sur sol humide : - semis traditionnel - semis en ligne (intérêt pour le sarclage mécanique et Boukéré contrôle de densité)	10 % à Sabouna, 70 % à Ziga	- tous types de terrain - terrains pouvant être sarclés mécaniquement	• IV
Démariage	Réduire la concurrence entre pieds d'un même poquet : un passage commun avec le 1 ^{er} sarclage 10 à 45 jours après levée	100 % toutes les parcelles de céréales	Tous types de terrain	•
Sarclage traditionnel manuel	1 ^{er} sarclage « Waga » (juillet) : ameublir la couche superficielle de sol et éliminer les jeunes adventices 2 ^e sarclage « Binka » (août) : enfouir les mauvaises herbes dans le sol parfois les arracher	toutes les parcelles (très peu d'abandon) toutes les parcelles (quelques parties improductives, abandonnées 5 à 15 % de la surface)	Tous types de terrain •	•
Sarclage mécanique	Passage d'une houe-manga (traction bovine ou asine) entre les lignes de semis : lorsque les pieds sont assez développés (25 juillet) mais pas trop (25 août) - fin 1 ^{er} sarclage - 2 ^e sarclage	10 % de la surface à Sabouna 7 % à Boukéré 35 à 50 % à Ziga	Terrains facilement accessibles et bien drainants	IV
Protection des cultures	Traitement insecticide et fongicide des semences	100 %	•	•

Figure 23 : Variabilité du temps de sarclage des céréales

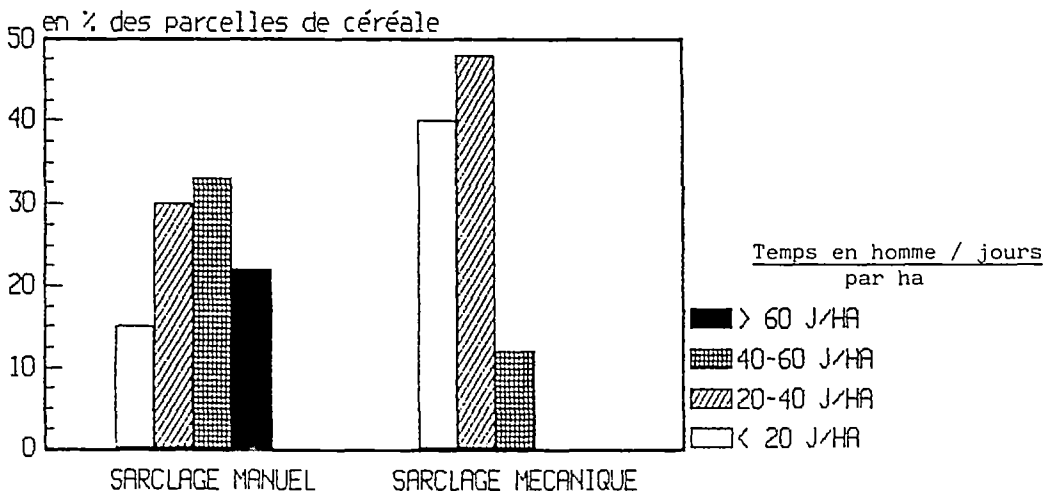
a - En fonction du type de terrain

Sabouna, Boukéré - 1er sarclage manuel



b - En fonction du type de sarclage

Ziga - 1987 - 2e sarclage



Plus de 95 % des surfaces sont semées avec des variétés locales traditionnelles ; des introductions de variétés provenant d'autres villages voire d'autres régions ont été observées (mil hâtif du Ghana qui couvre quelques hectares autour du village de Sabouna). Les variétés (de mil, sorgho, niébé) provenant des travaux de sélection n'occupent que des petites portions de parcelles (inférieures à 0,1 ha) principalement chez les agriculteurs partenaires du projet R-D. Vu les faibles densités de niébé observées en association avec les céréales (de 2 000 à 5 000 pieds/ha associés à 50 000 pieds/ha de mil ou 90 000 pieds/ha de sorgho), nous ne distinguerons pas par la suite les parcelles de céréales en culture pure, des parcelles de céréales associées au niébé. Dans ces conditions la récolte de niébé varie de 0 à 75 kg/ha. L'association mil-sorgho est peu courante. On observe parfois quelques pieds de sorgho dans un champ de mil, mais rarement une véritable association des deux cultures. Pour un champ situé le long d'une toposéquence les paysans préfèrent cultiver les deux céréales séparément: le mil dans la partie plus sableuse et le sorgho dans la partie plus argileuse où les risques de stress hydrique sont moindres.

La qualité de la levée des céréales dépend de trois facteurs :

- de l'humidité du sol au moment du semis, les semis en sec étant très rares. Il est fréquent que les paysans poursuivent les semis deux, trois voire quatre jours après la pluie (cela dépend de son volume). Les derniers jours lorsque le sol est plus sec, les semences germent difficilement ;
- mais surtout de l'écart entre le semis et la pluie suivante. Une culture semée même dans de mauvaises conditions, a toutes les chances de bien lever si une pluie survient deux ou trois jours après le semis ;
- du parasitisme à la levée (vers du sorgho en bas-fond, et sauteriaux en 1986 et 1987).

Les paysans effectuent un tour des parcelles 10 à 15 jours après le semis pour évaluer la levée, s'ils jugent la densité de pieds trop faible ils ressemeront les poquets absents en associant le plus souvent le niébé aux céréales. Une parcelle peut être totalement (ou partiellement) ressemée une ou deux voire trois fois de suite.

Les travaux réalisés en station expérimentale sur la concurrence entre les pieds de mil d'un même poquet ont montré l'importance de la date du démariage (10 à 15 jours après la levée) dans l'élaboration du rendement (SIBAND, 1981). Les paysans ne disposent pas du temps nécessaire pour un premier passage à cette période afin d'effectuer un démariage précoce puis un second pour le premier sarclage. Des observations rapides montrent que le démariage est très inégalement réalisé au niveau de la même parcelle (les enfants et les jeunes s'appliquant moins que les plus anciens aux dires des paysans interrogés). Le nombre moyen de pieds laissés par poquet se situe entre quatre et cinq.

Les sarclages lorsqu'ils sont réalisés manuellement occupent 90 % du temps de travail consacré aux cultures, temps de récolte exclu. Le temps consacré au premier sarclage est plus long que celui consacré au second (annexe 14), au premier sarclage est associé le démariage, de plus le sol est souvent dur à travailler en début de saison. La mécanisation permet de réduire de moitié la durée du second sarclage à Ziga. D'une manière générale le temps de sarclage dépend du type de terrain (terrain sableux le premier sarclage est deux

fois moins long que pour les autres types de sol) et de la productivité du travail de chaque actif de la famille (temps passé au champ, durée des repos, surface sarclée par heure) [figure 23].

Les attaques de parasites sont rares mais peuvent prendre rapidement de l'ampleur au niveau d'une parcelle ou d'un village : (sauteriaux, foreurs des tiges de mil, vers des jeunes sorghos). Dans ce cas les paysans, qui ne disposent pas de matériel de traitement doivent s'adresser au service de la protection des végétaux. Le parasite le plus courant est une plante : le striga (*Striga hermonica*) qui touche le mil et le sorgho. Les pertes de récolte qu'il entraîne sont difficiles à évaluer (HOFFMAN, 1988, communication personnelle). Nous n'avons jamais observé d'attaque allant jusqu'à destruction des plantes de céréale. Le striga émergeant en début septembre (après le second sarclage) occasionnerait en fait peu de dégâts aux céréales précoces (mil - 90 jours) qui sont à maturité début octobre. La mise en jachère de la parcelle et l'alternance mil-sorgho sont les seuls moyens de lutte des paysans contre ce parasite.

2.1.3 - La fertilisation des cultures

Type de fumure	Modalités	Fréquence	Localisation géographique	Type d'EA
Fertilisation organique	Apport de fumure (poudrette) au 1 ^{er} sarclage au pied des poquets à dose variable (4 à 1 t/ha) Plus rarement enfouissement par un labour ou scarifiage	<div> <div>18 % de la surface en céréale</div> <div>19 % à Boukéré</div> <div>30 % à Ziga</div> </div> sorgho et maïs	<ul style="list-style-type: none"> - Tous types de terrain sauf zones inondables - Cultures de mil, - Parcelles de case et de brousse 	• (IV)
Fumure minérale	Apport d'engrais NPK au 1 ^{er} sarclage au pied des poquets dose 5 à 25 kg/ha Plus rarement en mélange avec les semences (dose 3 à 5 kg/ha)	Exceptionnel	<ul style="list-style-type: none"> - Tous types de terrain sauf zone inondables - Culture de mil et sorgho 	• (IV)

(IV) : Forte dose parfois utilisée pour la fumure minérale (25-50 kg/ha) et surface couverte par la fumure organique importante (1-2 ha) lorsque la taille du troupeau est élevée.

Traditionnellement la fumure organique était réservée aux parcelles de case proches des habitations qui étaient cultivées en permanence. L'abandon de la pratique de la jachère, et le développement des moyens de transport (charrette mais surtout vélo) ont contribué à l'extension de la fertilisation organique sur des parcelles éloignées des habitations. Ceci est remarquable à Sabouna et Ziga (annexe 14) où plus de la moitié des parcelles fumées sont situées en brousse. On observe par ailleurs depuis quelques années une localisation préférentielle de la fumure sur les parcelles aménagées. Il s'agit de champs nouvellement aménagés situés sur terrain dégradé sur lesquels le paysan utilise la fertilisation organique comme un amendement.

La faible utilisation de l'engrais (Sabouna et Boukéré) s'explique autant par la capacité d'investissement réduite des agriculteurs que par leurs réticences vis-à-vis de cette technique. Selon eux l'engrais augmenterait les risques de destruction des plantes et d'échaudage en cas de stress hydrique marqué. En revanche à Ziga, la fertilisation minérale est considérée par la majorité des producteurs comme une nécessité si l'on veut obtenir une récolte même si cela implique de prendre des risques économiques.

2.1.4 - La récolte

Les récoltes de mil et de sorgho ne débutent que lorsque les épis sont bien secs (du 15 octobre au 15 novembre), condition nécessaire à une bonne conservation dans les greniers. Les parcelles de céréales situées autour des habitations sont récoltées en premier afin de laisser un espace pour les troupeaux, riche en résidus consommables. Le niébé et le maïs sont récoltés en premier en septembre et peuvent être considérés comme des cultures de soudure alimentaire. L'arachide est le plus souvent récoltée après le mil, à la fin octobre, lorsque les fanes sont desséchées. Le temps de travail disponible pour les récoltes n'est pas limitant. C'est pourquoi nous ne discuterons pas la place de cette opération dans le calendrier culturel de l'exploitation agricole.

2.2 - Diversité des itinéraires techniques

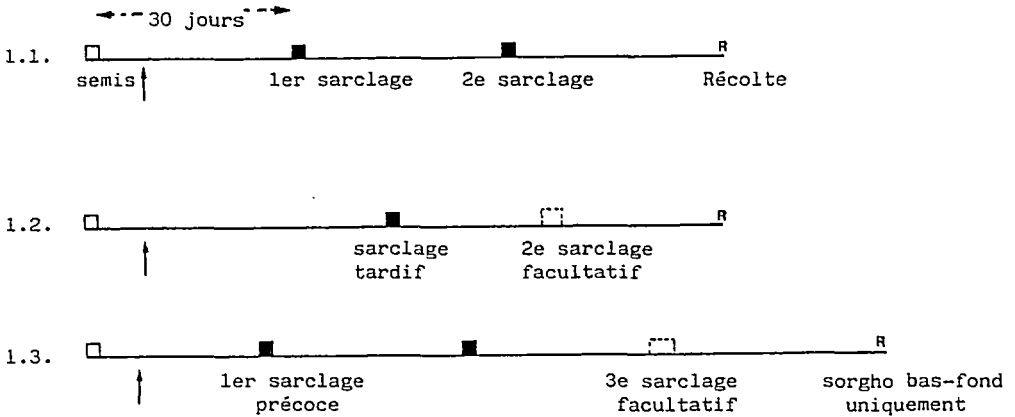
Les diverses opérations culturales s'ordonnent en itinéraires techniques⁽¹⁾ qui se distinguent dans un premier temps par l'utilisation ou non d'un outil de culture attelée (figure 24). Nous n'avons pas fait mention des apports de fumure dans la mesure où ils n'influent pas sur les autres techniques employées (cf. infra).

En culture manuelle les itinéraires techniques pratiquées diffèrent peu d'une exploitation à une autre ; leur variabilité dépend uniquement des intervalles de temps entre le semis et le premier sarclage d'une part et entre le premier et le second sarclages d'autre part. La durée de ces intervalles est fonction du type de terrain (enherbement plus ou moins important) et de la disponibilité en temps de travail. Ainsi en bas-fond les paysans peuvent

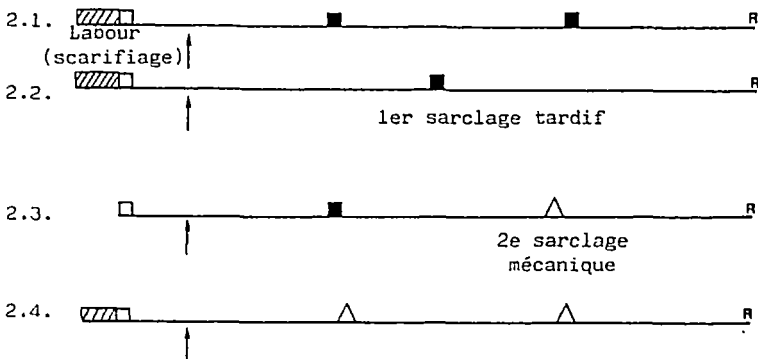
(1) Suite logique et ordonnée de techniques culturales appliquées à une espèce végétale cultivée (SEBILLOTTE, 1978).

Figure 24 : Les itinéraires techniques des céréales

1 - En culture manuelle (mil, sorgho)



2 - En culture attelée (mil, sorgho hors bas-fond)



Itinéraire technique entièrement mécanisé

□ semis

■ sarclage manuel (le 1er sarclage comprend le démariage)

△ sarclage mécanique

▨ préparation du sol avant semis (labour, scarifiage)

↑ ressemis (pas toujours présent)

R récolte

choisir entre deux itinéraires techniques (n° 1.1 et n° 1.3) : un premier sarclage précoce (10 à 20 jours après la levée) permettra de maîtriser facilement l'enherbement tout au long du cycle cultural mais pourra entraîner un troisième sarclage en fin août. Inversement si le premier sarclage se situe 30 jours après levée ou plus tardivement, les adventices auront envahi le champ de sorgho ; le sarclage sera plus long et pénible, les reprises de mauvaises herbes plus nombreuses. L'itinéraire technique moyen constitué d'un semis direct suivi de deux sarclages (intervalle entre chaque opération 25 à 35 jours) représente la situation la plus fréquente pour la culture du mil et du sorgho hors bas-fond.

En culture attelée, la préparation du sol qui a lieu le même jour que le semis sur terrain humide joue un rôle sur la maîtrise de l'enherbement. Le labour enfouit les jeunes mauvaises herbes et permet de retarder la date du premier sarclage et aussi de supprimer le second sarclage (itinéraire technique 2.2) ; le scarifiage qui ne retourne pas la terre a moins d'effet sur le développement des adventices. Le sarclage mécanique (2^e sarclage) peut être la seule opération mécanisée de l'itinéraire technique. Ce n'est qu'à Ziga que l'on peut observer l'itinéraire technique 2.4 presque totalement conduit avec les outils de culture attelée ; seul le semis et généralement le premier sarclage sont manuels.

Outre la dichotomie culture manuelle-culture attelée, il n'est pas possible de mettre en évidence des différences entre les itinéraires techniques pratiqués par les divers types d'exploitation. L'agencement des opérations culturales est en fait raisonné (ou imposé) pour chaque parcelle en fonction du degré d'enherbement, du type de terrain, du temps de travail disponible au niveau de l'exploitation agricole. Un paysan en culture attelée possédant une charrue et une houe-manga peut très bien mettre en œuvre tous les itinéraires techniques présentés ici sur les différentes parcelles de son exploitation (une partie du parcellaire est généralement cultivée manuellement). Du fait de la brièveté de la saison de culture, le paysan ne peut pas pratiquer sur toutes ses parcelles de céréales l'itinéraire technique le plus performant c'est-à-dire celui qui favorise les cultures du point de vue de l'alimentation hydrique et minérale. Il sera amené à faire des compromis et des choix en fonction de stratégies bien précises qu'il a élaborées au fil des années et qui ont évolué avec la baisse de la pluviométrie. S'il est nécessaire de mettre au point des itinéraires techniques à forte intensité de travail et d'intrants en vue d'intensifier les systèmes de culture, ceci doit être complété par des recherches sur des itinéraires techniques moins coûteux et mieux adaptés aux différentes situations des agriculteurs : pluviométrie et semis tardifs, sarclage non réalisable durant le premier mois du cycle cultural...

L'analyse des différentes stratégies des paysans en matière de conduite des cultures permettra de dégager des logiques d'utilisation du milieu et de préciser la place des itinéraires techniques présentés ici.

3 - ANALYSE DES STRATEGIES DE CONDUITE DES CULTURES A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION

Le choix des techniques culturales et le degré d'utilisation des facteurs de production dépendent des stratégies mises en œuvre par les paysans. Ces stratégies prennent en compte un ensemble de facteurs liés au milieu physique (aléas climatiques, faible fertilité) et aux moyens de production des exploitations (nombre d'actifs, surface cultivable,

matériel disponible). Dans un premier temps, nous appréhendons ces stratégies à partir de l'analyse du calendrier cultural qui correspond à l'agencement des travaux sur les différentes parcelles de l'exploitation. Nous présenterons ensuite les choix stratégiques pour chaque grand thème technique en essayant de faire ressortir les stratégies globales au niveau de l'exploitation.

3.1 - La gestion du temps de travail disponible pour les cultures

Pour une exploitation agricole et une année pluviométrique données la quantité de jours de travail disponibles est fixe (l'emploi de main-d'œuvre salariée est exceptionnel). L'agencement du calendrier cultural dépend de la répartition des pluies, des choix de l'agriculteur mais aussi de sa capacité de travail. Enfin d'autres facteurs peuvent interférer comme la qualité des terrains (les sarclages en bas-fond sont plus longs et pénibles), la dispersion du parcellaire (la majorité des actifs se déplace à pied), etc.

A partir de l'étude des calendriers culturaux de cinq exploitations (annexe 15) nous présenterons les points communs et les différences qui sont fonction du degré de saturation foncière et du niveau de mécanisation.

3.1.1 - Les règles communes à l'ensemble des exploitations

Ces règles d'organisation du travail dépendent surtout des caractéristiques physiques des terrains de culture :

- les parcelles situées en bas-fond ou en bordure de bas-fond sont semées en priorité sur les premières pluies. Si le paysan ne cultive pas ces types de terrain, il sèmera en premier la parcelle qui se desséchera le moins rapidement ;
- les parcelles de céréales semées en dernier sont situées sur les terrains à faible réserve hydrique ; la réussite de ces semis n'est possible que lorsque la saison des pluies est bien installée. En dernier lieu viennent les champs de maïs et d'arachide.

Cette chronologie est parfaitement logique, les terrains de bas-fond s'enherbent rapidement et peuvent être inondés en juillet, la culture de sorgho devra être bien développée et si possible déjà désherbée à cette période. Pour cette raison, les premiers sarclages en zones basses sont prioritaires et peuvent débuter avant la fin des semis des autres parcelles. La chronologie des premiers sarclages sur les autres parcelles dépend soit de leur degré d'enherbement, soit de la priorité accordée par le paysan à telle parcelle. Celles qui sont jugées les plus productives sont sarclées en premier. Face à cette logique peut-on distinguer des différences de gestion du travail entre exploitations ?

3.1.2 - Saturation foncière et gestion du temps de travail

Lorsque le foncier n'est pas limitant, le paysan sème parfois plus de surface qu'il ne pourra sarcler (1,2 à 1,8 ha/actif). Il est donc amené au premier ou au second sar-

clage, à abandonner une partie de son parcellaire. Ce choix dépend de l'état des cultures à ces périodes, du degré d'enherbement et des risques d'inondation à certains endroits. Lorsque la parcelle est abandonnée au second sarclage, le temps de travail qui a été consacré au premier sarclage est perdu.

Lorsque le foncier cultivé est très limité (cas de Ziga, 0,8 ha/actif), l'agriculteur dispose de plus de temps pour semer et entretenir ses cultures. Mais sa marge de manœuvre est très limitée ; il ne peut pas choisir entre différents types de terrain au moment du semis. Une partie de ces agriculteurs qui ne possèdent pas de matériel de culture attelée, disposent souvent de peu de moyens permettant l'intensification des cultures. Les seules possibilités qui leur restent alors sont de laisser les femmes travailler sur des parcelles individuelles (1 à 2 jours par semaine) et de développer des activités extra-agricoles durant la saison de culture (petit commerce, artisanat).

En situation intermédiaire (1 ha/actif), l'ajustement entre temps de travail disponible et surface cultivée est meilleur. En année pluvieuse, la croissance des adventices peut être rapide et les retards au sarclage importants. On constate toutefois peu d'abandons de parcelles (ou de portions de parcelle). La mécanisation (travail du sol et sarclage) n'intéresse qu'une partie de la surface des exploitations en culture attelée. Le labour qui peut permettre la suppression du second sarclage et le sarclage mécanique entraînent un gain de temps important : les sarclages sur l'ensemble des parcelles sont réalisés à temps (peu d'entretien des cultures en septembre), la pénibilité du travail est réduite. Les exploitations utilisant ces techniques sont surtout situées à Ziga. Du fait de la saturation foncière dans ce village le gain de temps ne peut pas être investi sur de nouvelles parcelles.

3.2 - Les principales stratégies de conduite des cultures

L'enregistrement des caractéristiques des pratiques culturelles réalisées à l'échelle de la parcelle (et pour toutes les parcelles collectives de notre échantillon) nous permettra d'étayer notre analyse sur les stratégies des paysans. Il ne faut pas oublier toutefois que la conduite des cultures pour chaque parcelle se décide à l'échelle de l'exploitation dans le cadre d'une gestion de l'ensemble de la surface cultivée.

Nous avons distingué trois types de stratégies qui se distinguent par les mécanismes qu'elles mettent en œuvre :

- maintenir ou augmenter la surface cultivée ;
- limiter les effets des aléas climatiques ;
- améliorer la production de l'ensemble des parcelles de l'exploitation agricole.

3.2.1 - Maintenir ou augmenter la surface cultivée de l'exploitation

Vu la pression foncière existant au Centre du Yatenga, les possibilités d'augmenter la surface cultivée à partir de jachères sont très limitées **sauf pour les exploitations de Boukéré**. Malgré cela la majorité des agriculteurs enquêtés souhaite accroître leur surface cultivable. C'est dans ce but que les deux-tiers des aménagements de parcelles ont été



Photo 5 : Le 1° sarclage manuel. Ce travail réalisé sur une parcelle de Sorgho en bas-fond est lent et pénible.

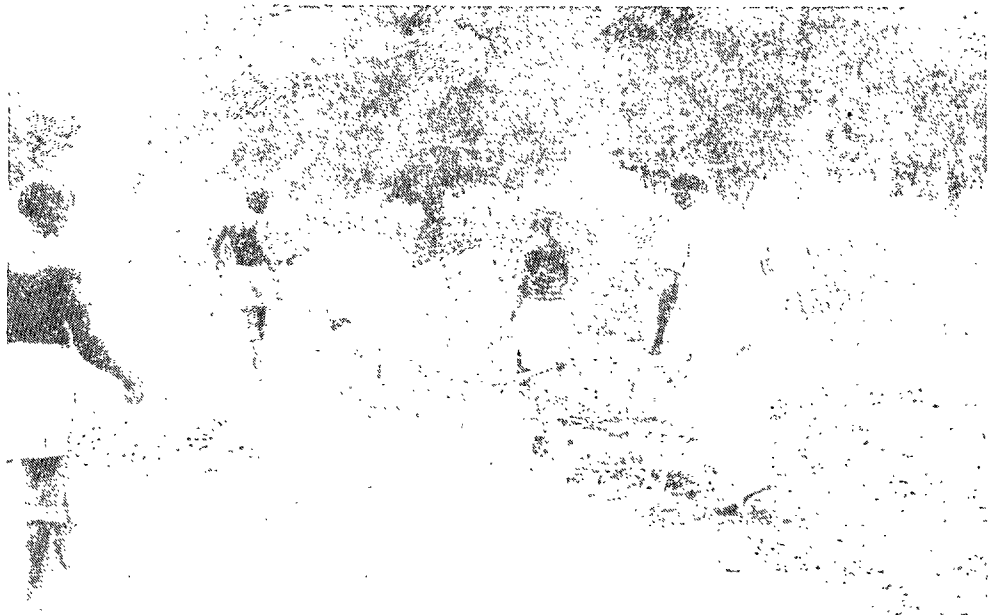


Photo 6 : Le 2° sarclage mécanique ; réalisé à l'aide d'une houe-manga. A noter l'utilisation d'un seul boeuf de trait pour effectuer cette opération. (Le plus souvent, les paysans équipés utilisent une paire de boeufs).

réalisés en 1986 et 1987 dans les trois villages. L'agriculteur réalise alors ces travaux (cordons pierreux) sur une ancienne parcelle jugée peu productive ou en périphérie d'une parcelle actuellement cultivée. Si la surface cultivable de l'exploitation agricole devient supérieure aux besoins de l'agriculteur, celui-ci aura une marge de manœuvre plus élevée. Il pourra ainsi choisir selon la date et l'importance des premières pluies les parcelles qu'il souhaitera cultiver ; les zones non cultivées pourront ainsi rentrer dans un cycle de jachère.

Actuellement la plupart des exploitations de Boukéré ont la possibilité de choisir les terrains qui porteront les récoltes. Ce choix peut se faire avant le semis mais aussi durant le cycle cultural. L'exploitant sème plus qu'il ne pourra sarcler, l'abandon d'une partie de la surface semée s'effectuant avant le premier ou le second sarclage. Ceci est possible du fait de la faible quantité de semence de céréales nécessaires (mil 5 kg/ha, sorgho 8 kg/ha) et de la rapidité d'exécution des semis (0,2 ha/jour/actif). Cette stratégie antialéatoire, qui consiste à semer une surface excédant les possibilités de sarclage de l'exploitation, est exceptionnelle au Centre Yatenga (Ziga, Sabouna) du fait de la saturation foncière.

Dans ces villages et dans quelques exploitations de Boukéré où l'accès à la terre est restreint les surfaces abandonnées en cours de culture sont très limitées. Elles ne correspondent pas à un choix raisonné mais à des contraintes imposées (sécheresse, dégâts de sauteriaux ou inondations détruisant totalement les cultures, excès d'eau limitant l'accès aux parcelles de bas-fond durant le second sarclage...). Face à ces contraintes, les agriculteurs mettent tout en œuvre pour maintenir la plus grande surface possible en culture jusqu'à la récolte : ressemis répétés si besoin jusqu'en août et premier sarclage sur la quasi totalité des surfaces ensemencées⁽¹⁾. Ce n'est que durant le mois d'août, au second sarclage, que certaines parties de parcelles qui ont très peu de chance de porter une récolte, seront abandonnées.

Les exploitations de notre échantillon équipées en matériel de culture attelée (charrue, houe-manga...) ne cultivent pas une surface par actif significativement plus grande que les exploitations en culture manuelle⁽²⁾. A Sabouna et Boukéré le matériel est en général sous utilisé, à Ziga la pression foncière est telle que les agriculteurs, même s'ils sarclent mécaniquement, ne peuvent pas agrandir la surface qu'ils cultivent.

3.2.2 - Développer des stratégies antialéatoires face aux contraintes climatiques

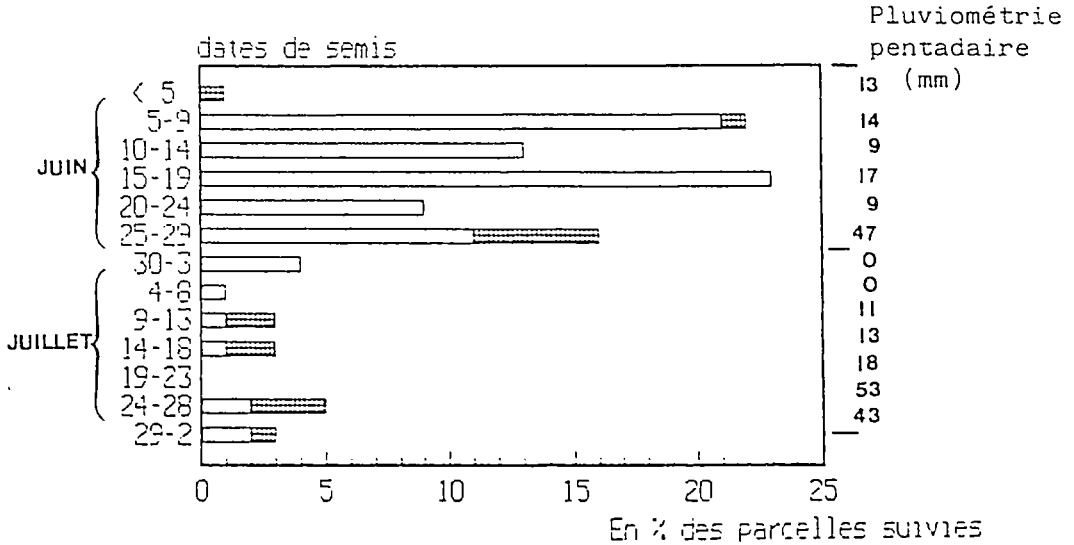
Au niveau de la parcelle de culture, les techniques mises en œuvre par les paysans visant à limiter les effets des aléas pluviométriques se résument principalement à la lutte contre le ruissellement. Il faut noter par ailleurs que le travail du sol, présenté par les agronomes comme une possibilité d'améliorer l'infiltration de l'eau, n'est pas perçu de cette façon par les paysans (ceci sera repris ultérieurement).

(1) Il n'est pas rare de rencontrer fin août des agriculteurs qui sarclent le mil en cours de tallage. Ils espèrent toujours que la saison des pluies se terminera tardivement avec un mois de septembre pluvieux (septembre 1987, Sabouna 235 mm). Les quelques centaines de kilogrammes de céréales obtenus sur ces parcelles semées tardivement peuvent permettre à l'exploitation d'être autosuffisante.

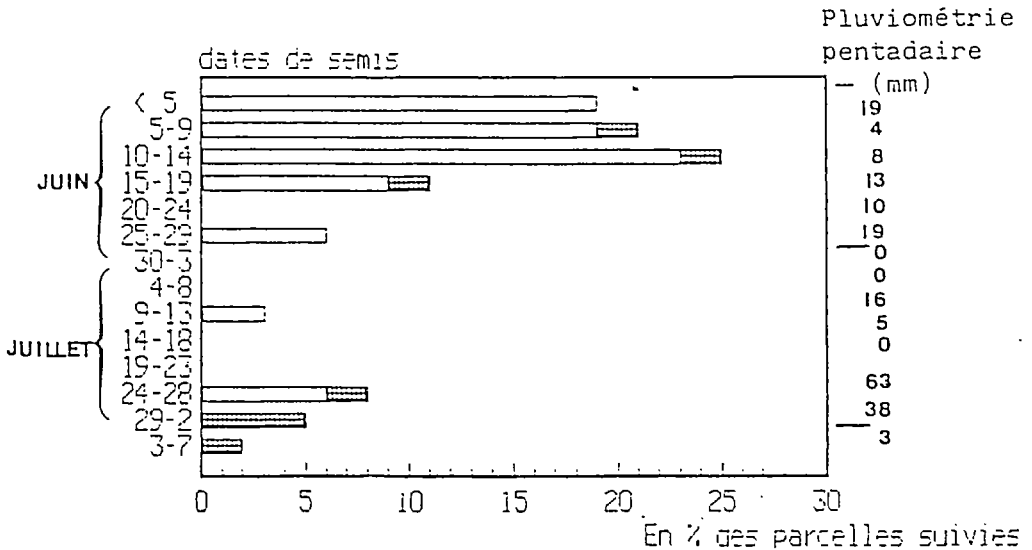
(2) La surface cultivée et le nombre d'actifs sont généralement plus élevés dans les exploitations en culture attelée (statistiques régionales, ORD, 1982). Ce qui n'implique pas que la surface cultivée par actif soit plus importante.

Figure 25 : Dates de semis par types de culture selon la pluviométrie

a) L'exemple de Sabouna en 1987



b) L'exemple de Boukéré en 1987



mil, sorgho

autres cultures (arachide, maïs, riz)

Les stratégies antialéatoires face aux aléas pluviométriques se raisonnent surtout au niveau de l'exploitation et de deux points de vue : la précocité des semis et la répartition du parcellaire selon les différents types de terrain.

a) La précocité des semis : une assurance pour limiter les semis tardifs

La stratégie commune à toutes les exploitations est de semer sur les premières pluies même si elles sont de faible importance. Les paysans n'attendent pas une pluie de 20 mm (jugée « pluie utile » par les agronomes). En 1987 deux tiers des parcelles avaient été partiellement ou totalement semées avant le 15 juin à Boukéré et le 25 juin à Sabouna (figure 25). Dans ce village les semis auraient bénéficié de meilleures conditions d'humidité de sol durant la période 25-29 juin. Les pluies précoces (du 1^{er} au 20 juin) auraient pu permettre un scarifiage du sol (pluies toutes inférieures à 20 mm, non favorables au labour). En revanche à Boukéré, la stratégie de semer tôt (1^{er}-20 juin) s'est avérée payante. Du 20 juin au 26 juillet, les pluies ont été de faible ampleur (inférieures ou égales à 13 mm) et le nombre de jours favorables au semis réduit à quatre. Si les paysans avaient attendu la période en principe favorable à la réussite des semis (20 juin-5 juillet), ils auraient été contraints de ne commencer ceux-ci qu'à la fin du mois de juillet. Les résultats auraient été alors désastreux.

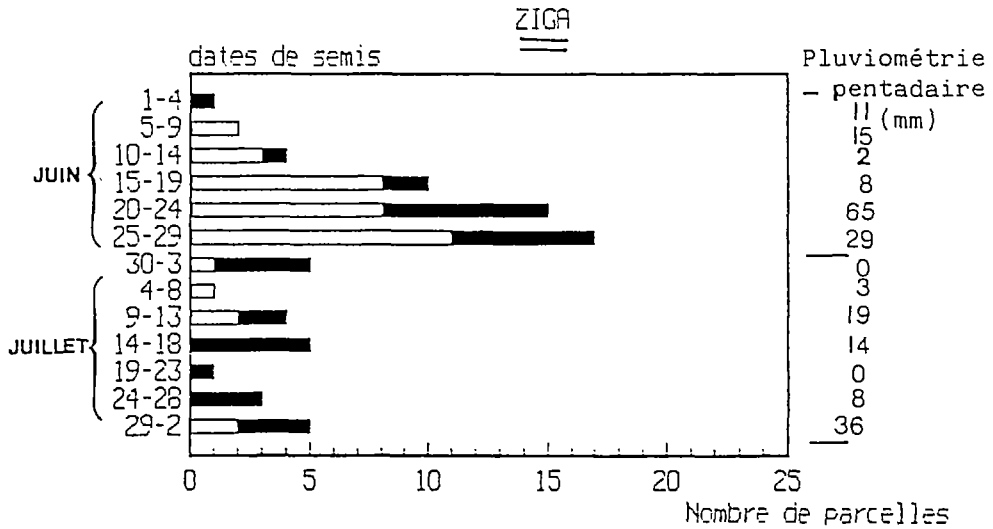
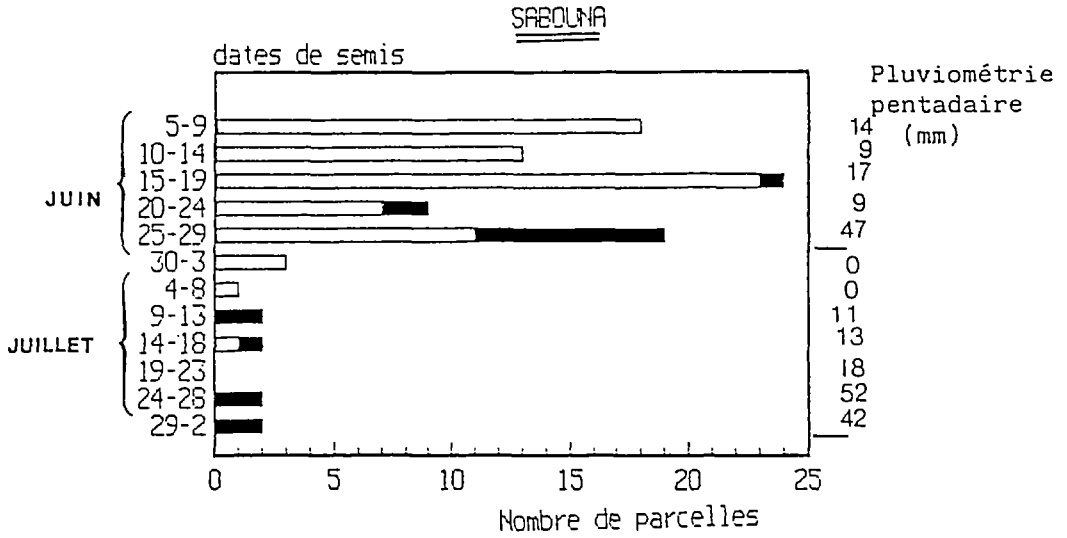
En semant tôt sur les premières pluies, l'agriculteur a pour objectif d'emblaver la plus grande partie possible de son exploitation avant le début juillet. En cas de mauvaise levée il peut toujours ressemer à cette période. Les cultures de céréale disposent ainsi de deux mois et demi de saison des pluies (1^{er} juillet-15 septembre, période où la probabilité de stress hydrique est la plus faible).

Pour la majorité des paysans, cette stratégie de semis précoce s'oppose au développement du travail du sol qui retarde la date de semis. En effet, pour qu'un labour puisse être réalisé correctement, il faut de grosses pluies (supérieures à 20 mm, parfois 30 ou 35 mm selon l'importance du ruissellement). D'autre part, les semis sur labour ou scarifiage sont réalisés le même jour que le travail du sol sur un terrain déjà desséché en surface. Si aucune pluie ne survient dans les trois ou quatre jours qui suivent, le semis est voué à l'échec ; il faudra attendre une autre pluie pour ressemer.

b) Cultiver sur différents types de terrain

Du fait des aléas pluviométriques - périodes sèches mais aussi périodes très humides en août -, la répartition des cultures sur plusieurs types de terrain est considérée comme un atout par les paysans. Suite aux années de sécheresse (1973-1974, 1982-1985), les agriculteurs ont développé des systèmes de culture de bas-fond (sorgho) ; pour cela, certains ont emprunté des parcelles, d'autres ont retiré la (ou les) parcelle(s) de bas-fond qu'ils avaient prêtée(s). Inversement, et à première vue paradoxalement, les paysans continuent à cultiver des parcelles situées sur sols gravillonnaires peu profonds, même à Boukéré où la réserve foncière n'est pas négligeable. Ces terrains qui sont faciles à cultiver (enherbement réduit) peuvent donner des productions relativement intéressantes (rendement 3 à 5 q/ha en 1987) en année pluvieuse.

Figure 26 : Dates de semis des céréales (mil, sorgho) et travail du sol



□ semis direct

■ semis après travail du sol

Suite aux fortes précipitations d'août en 1986 et 1987, les dégâts aux cultures de bas-fond dus à un excès d'eau ont été importants, réduisant à néant l'investissement important en travail consenti au premier sarclage. Les agriculteurs restent prudents ; ils se rappellent bien que certaines exploitations ont atteint l'autosuffisance vivrière en 1984 (pluviosité < 350 mm au Yatenga) grâce aux très bons rendements de sorgho obtenus en bas-fond (10 à 20 q/ha). Il est évident que la situation intermédiaire (cultiver sur des terrains profonds, peu séchants et drainants) est la plus recherchée. Mais ce type de situation concerne moins du tiers de la surface cultivable au niveau des trois villages et n'est pas répartie également entre les exploitations. Connaissant les atouts et les limites de chaque type de milieu, les agriculteurs préfèrent répartir les risques de rendements faibles ou nuls en cultivant sur différents terrains.

3.2.3 - Augmenter la production de l'ensemble du parcellaire de l'exploitation agricole

Nous avons vu que les agriculteurs essaient de cultiver la plus grande surface possible. Leur objectif global est de tirer de cette surface la quantité de céréale nécessaire à leurs besoins. Leur capacité d'accroître cette production est plus ou moins forte selon qu'ils disposent de matériel, de fumure organique, d'engrais...

Ainsi un paysan pauvre ne possédant que quelques petits ruminants, ses outils manuels et quelques parcelles (comme on en rencontre à Ziga) aura peu de marge de manœuvre: soigner les sarclages, construire quelques cordons pierreux. D'autres paysans se trouvent dans des situations plus favorables et l'on analysera la façon dont ils utilisent leurs matériels ou leurs intrants en vue d'accroître leur production céréalière.

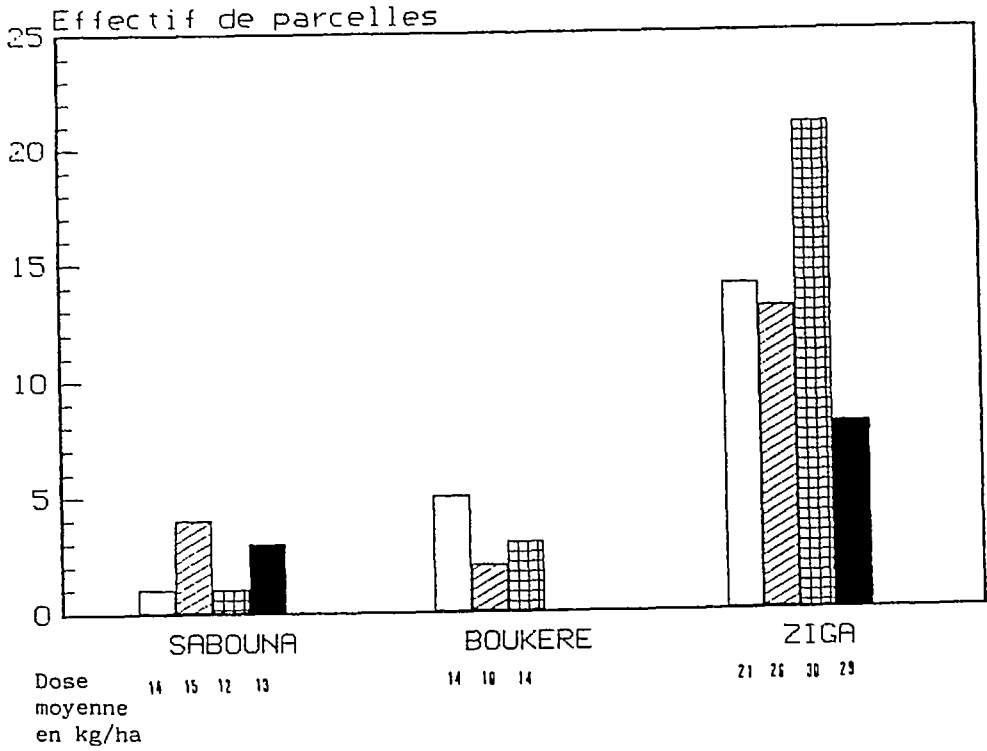
a) La place du travail du sol

La comparaison des dates de semis sur les parcelles semées directement et les parcelles labourées ou scarifiées en 1987, met en évidence la place accordée par les paysans au travail du sol. D'une manière générale, les parcelles semées le plus tardivement ont été travaillées (figure 26). Ceci correspond à un choix stratégique quasi-unanime des exploitations possédant le matériel de culture attelée et rejoint les observations faites précédemment (étude des calendriers agricoles, annexe 15). Deux raisons justifient ce choix :





- le travail du sol permet des semis de mil ou de sorgho sur des parcelles déjà enherbées que l'on n'a pas pu ensemer en début de saison. La préparation du sol a surtout un rôle de sarclage, d'autant plus marqué que le début de la saison des pluies est étalé ;
- le travail du sol entraîne une croissance plus rapide des plantes au début de leur cycle. Une parcelle semée tardivement (après le 1^{er} juillet) ou totalement ressemée - fin juillet-début août - aura plus de chance de donner une récolte si elle est scarifiée, ou mieux, labourée.

Il faut ajouter à cela le semis, généralement courant juillet, des cultures secondaires (arachide, maïs, sésame) qui ne sont pas prioritaires mais qui demandent un terrain travaillé.

Figure 27 : Fumure minérale et types de terrain



Types de terrain

-  Terrain dégradé en surface ou gravillonnaire
-  Terrain sableux profond
-  Terrain sablo-argileux non dégradé ou argilosableux
-  Terrain argileux de bas-fond (sorgho)

L'utilisation du matériel de travail du sol correspond à deux comportements différents des agriculteurs :

- une partie des exploitants (principalement à Ziga) qui maîtrise bien et depuis longtemps ces techniques, considère le travail du sol comme une pratique quasi-obligatoire avant semis : cela favorise le démarrage des cultures et retarde la date du premier sarclage. La plupart des parcelles de céréales de ces exploitations sont scarifiées ; cette technique est deux à trois fois plus rapide qu'un labour à la charrue et permet de ne pas trop retarder la date de semis. Ceci correspond à une stratégie visant à intensifier le système de culture ;
- les autres (principalement à Sabouna) préfèrent semer directement le plus tôt possible la plus grande partie du parcellaire. Le travail du sol est alors utilisé comme technique de « rattrapage » pour les céréales semées tardivement et ne concerne que de petites surfaces. Cette stratégie globale permet de limiter les risques (cf. date de semis) ; et il ne s'agit pas là d'intensification.

Dans les deux cas, le travail du sol contribue à réduire le temps consacré aux sarclages, voire à supprimer le second sarclage. Ceci permet d'améliorer la qualité de l'ensemble des sarclagés au niveau de l'exploitation, d'améliorer les conditions de développement des cultures et donc d'augmenter la production céréalière⁽¹⁾.

b) Utilisation de la fumure minérale et organique

Les parcelles de mil et de sorgho ayant reçu au moins 8 kg/ha d'engrais relèvent de trois situations agropédologiques correspondant à différentes stratégies des agriculteurs :

- l'engrais peut être épandu sur des terrains non dégradés situés sur les glacis, de texture sableuse ou sablo-argileuse. Dans ce cas, l'agriculteur utilise la fumure minérale soit pour des cultures semées tardivement (l'effet recherché étant l'augmentation de la vitesse de croissance des plantes), soit sur des parcelles semées à bonne date qui sont chaque année fertilisées (cas d'exploitations de Ziga principalement) [figure 27] ;
- des parcelles de sorgho, situées en zone basse mais non inondables peuvent recevoir de l'engrais. Ce cas est peu courant (à Ziga uniquement) car ces terrains sont les plus fertiles et donnent les meilleurs rendements : l'agriculteur sait qu'il a de grandes chances d'obtenir de bons rendements, même sans engrais, s'il n'y a pas excès d'eau. Si ses possibilités d'achat d'engrais sont limitées, il préférera logiquement utiliser celui-ci sur les autres types de terrain ;
- dernière situation, les terrains dégradés en surface (« Zipellé ») ou gravillonnaires, cultivés en mil. Dans ce cas, le paysan mise sur l'engrais pour rattraper le retard de végétation occasionné par le semis tardif (ces parcelles s'humidifient difficilement et sont semées en dernier) et un début de croissance ralenti par les mauvaises conditions culturales (structure compactée, réserve utile faible...). Ceci correspond à une stratégie d'augmentation globale de la production de l'exploitation par la mise en valeur des terrains dégradés.

(1) Ce type d'affirmation est difficile à quantifier et demanderait une étude précise des relations entre enherbement, technique de sarclage et rendement des cultures.

Le choix entre ces différentes utilisations de l'engrais et leur combinaison dépend de la répartition des types de terrain au niveau des exploitations et de leurs capacités à financer les intrants.

L'utilisation combinée des fumures organique et minérale s'observe rarement à Sabouna et Boukéré. Ce n'est qu'à Ziga, où l'utilisation des deux types de fertilisants est bien répandue que leur emploi simultané est le plus courant (annexe 16). Mais comme la fumure organique n'intéresse en général qu'une partie de la parcelle, la combinaison des deux types de fumure ne concerne que de petites surfaces. Cette utilisation séparée s'explique bien par les caractéristiques et les effets attendus de la fumure organique qui est plus souvent de la poudrette. Nous avons vu que ce produit apporte surtout des éléments minéraux à la plante de la même façon que l'engrais (voir IV^e partie). Les techniques d'apport sont les mêmes ; les fertilisants sont épandus localement au poquet. Pour les paysans ces deux types de fumure ont des effets similaires et non complémentaires. Là encore l'augmentation globale de la production par dispersion des intrants sur la plus grande surface possible prime sur l'intensification (dans ce cas la fumure pourrait être réservée aux parcelles où sa rentabilité serait la plus élevée et la moins aléatoire).

c) Fumure et travail du sol

La fertilisation des céréales, quelle que soit sa forme, concerne des surfaces plus importantes que le travail du sol :

Surface (en % de la surface cultivée en mil et sorgho) ayant fait l'objet en 1987	Sabouna	Boukéré	Ziga
d'une fertilisation	20 %	41 %	71 %
d'un labour ou d'un scarifiage	12 %	4 %	54 %

Les techniciens de vulgarisation recommandent d'associer fertilisation et travail du sol. Ce dernier favorise l'enracinement des cultures et permet d'enfouir dans le sol matière organique et engrais, le ruissellement en nappe pouvant emporter la fumure laissée en surface.

A Ziga, lorsque l'agriculteur travaille le sol avant semis, il apporte généralement au moment du sarclage une fumure minérale et/ou organique (seulement quatre parcelles travaillées sur 31 n'ont pas reçu de fertilisants). La superficie travaillée par les exploitations mécanisées de ce village reste cependant inférieure à celle qui est fertilisée. Ceci peut s'expliquer par les choix des agriculteurs de semer une partie de leur parcellaire précocement (et sans travail du sol). A Sabouna, la moitié seulement des parcelles labourées reçoivent une fertilisation (tableau 18).

Tableau 18 : Combinaison travail du sol et fumure.

Type de combinaison	Effectif de parcelle et % du total		
	Sabouna	Boukéré	Ziga
Combinaison travail du sol, fumure minérale et/ou organique sur toute la parcelle (ou une grande quantité)	7 (14 %)	2 (8 %)	16 (27 %)
Combinaison travail du sol, fumure sur partie de la surface (surface fertilisée > surface travaillée)	2 (4 %)	1 (4 %)	11 (19 %)
Travail du sol sans fumure	8 (17 %)	0	4 (7 %)
Fumure sans travail du sol	31 (65 %)	22 (88 %)	27 (47 %)
Total de parcelles fertilisées et/ou travaillées	48	25	58

Il existe donc deux stratégies par rapport à la combinaison de ces pratiques culturales :

- concentrer sur les mêmes parcelles fumure et travail du sol afin de bénéficier de l'effet de synergie ;
- dissocier la fumure du travail du sol afin d'améliorer la production sur la plus grande surface possible.

3.2.4 - Intensification ou extensification

Dans quel sens évoluent les systèmes de production ?

A plusieurs reprises, nous avons évoqué les différences de stratégie existant entre les exploitations de Boukéré et Sabouna d'une part, et celles de Ziga d'autre part. Dans ce village, des signes manifestes d'un processus d'intensification des systèmes de culture existent :

- préparation du sol avant semis sur une partie importante du parcellaire des exploitations mécanisées ;
- utilisation systématique des engrais, parfois associés à la fumure organique ;
- intérêt porté aux techniques de lutte contre le ruissellement, qui concernent les meilleurs parcelles comme les plus dégradées ;
- soin apporté aux sarclages, du fait de la mécanisation partielle de ceux-ci.

Avant de conclure hâtivement, il faut revenir aux caractéristiques des exploitations de Ziga. Alors qu'elles semblent développer des stratégies d'intensification, leurs performances (production par actif et par consommateur) sont généralement moins bonnes que celle des autres exploitations de notre échantillon. Ceci n'est pas contradictoire ; le foncier étant saturé depuis plusieurs décennies, la surface cultivée par actif est réduite (< 1 ha/actif) et les terrains peu fertiles. Face à cette situation, les exploitants ont le choix entre essayer d'intensifier les quelques hectares qu'ils cultivent en permanence ou développer prioritairement des activités extra-agricoles (commerce en particulier).

Il faut toutefois distinguer les exploitations qui essaient réellement d'intensifier leurs systèmes de culture des exploitations qui, du fait d'une surface limitée, sont bien obligées d'y concentrer leur fumure (les doses restant relativement faibles) et surtout leur temps de travail. Dans le premier cas, il s'agit d'agriculteurs aisés qui peuvent prendre des risques économiques en utilisant 200 à 300 kg d'engrais par an ou en travaillant le sol avant de semer. Ces risques sont compensés soit par une stabilité des revenus annexes (élevage, fils en migration, commerce prospère) soit par une qualité du parcellaire supérieure à la moyenne. Au total, sur l'ensemble de notre échantillon, on ne compte que cinq exploitations, toutes de Ziga, correspondant à ce type de fonctionnement et à une stratégie globale de réelle intensification des systèmes de culture (« augmentation du travail et du capital sur une surface donnée »).

Les autres exploitations, et principalement celles de Sabouna et Boukéré, développent des stratégies opposées à l'intensification des systèmes de culture :

- dispersion du travail et des intrants sur la plus grande surface possible en vue d'augmenter la production globale de l'exploitation ;
- limitation des effets des aléas climatiques en choisissant d'intervenir sur plusieurs types de terrain et en semant tôt ;
- augmentation de la surface cultivable (aménagement, emprunt de terre ou défriche à Boukéré) en vue d'augmenter la surface semée ou la marge de manoeuvre de l'agriculteur.

Toutes ces stratégies sont de type antialéatoire et visent à exploiter avec un minimum de risques techniques et économiques la plus grande surface possible (compte tenu bien sûr, des disponibilités en terre). Dans ce type de situation les innovations techniques proposées initialement aux paysans en vue d'intensifier leurs systèmes de culture peuvent servir à conforter les stratégies antialéatoires :

- les cordons pierreux et le travail du sol permettent d'accroître la surface cultivable en restaurant des sols dégradés ;
- le travail du sol permet de mettre en culture des parcelles qui n'ont pas été semées tôt et de maintenir propres des parcelles qui n'auraient pas pu être toutes sarclées manuellement ;
- les engrais sont utilisés pour compenser le retard pris par des cultures implantées tardivement...

L'extensification des systèmes techniques de production végétale, qui correspond à une augmentation de la surface cultivée par actif a caractérisé, durant la phase antérieure (1950-1980), l'évolution des systèmes de production agricole au Yatenga (en

Tableau 19: Les variables de l'analyse factorielle des correspondances
simples (AFC) "rendement des parcelles de mil" - 1987 -

VILLAGE	VI	Modalité 1 de VI	: SABO	SABOUNA
		Modalité 2 de VI	: BOUK	BOUKERE
		Modalité 3 de VI	: ZIGA	ZIGA
TYPE DE SOL	SOL	Modalité 1 de SOL	: DEGR	sol dégradé
		Modalité 2 de SOL	: SABL	sol sableux
		Modalité 3 de SOL	: SARG	sol sabloargileux
		Modalité 4 de SOL	: ARG1	sol argilosableux
Qualité du terrain *	QSOL	Modalité 1 de QSOL	: SNUL	terrain peu fertile
		Modalité 2 de QSOL	: SMOY	terrain moyennement fertile
		Modalité 3 de QSOL	: SBON	bon terrain
Fumure minérale	FMHA	Modalité 1 de FMHA	: FMNU	0 - 8 engrais en kg/ha
		Modalité 2 de FMHA	: FMMO	8 - 25
		Modalité 3 de FMHA	: FMFO	25 - 90
Fumure organique	FOHA	Modalité 1 de FOHA	: FONU	0 - 0,5 poudrette en t/ha
		Modalité 2 de FOHA	: FOMOY	0,5 - 2,5
		Modalité 3 de FOHA	: FOFO	2,5 - 7,5
"qualité" du 1er sarclage **	ES1S	Modalité 1 de ES1S	: S1PR	Intervalle entre semis et 1er sarclage
		Modalité 2 de ES1S	: S1TA	0 - 35 en jours
"qualité" du 2e sarclage **	ES2S	Modalité 1 de ES2S	: S2PR	Intervalle entre 1er et 2e sarclage
		Modalité 2 de ES2S	: S2TA	0 - 35 en jours
		Modalité 3 de ES2S	: S2NU	35 - 60 en jours
Aménagement	ASUR	Modalité 1 de ASUR	: AMNU	0 - 20 % de la surface de la parcelle aménagée
		Modalité 2 de ASUR	: AMEN	> 20
Travail du sol avant semis	WSUR	Modalité 1 de WSUR	: WSNU	0 % de la surface
		Modalité 2 de WSUR	: WSPA	0 - 40 préparée avant semis
		Modalité 3 de WSUR	: WSTO	> 40
Date de semis	JSD1	Modalité 1 de JSD1	: SEPR	semis en juin
		Modalité 2 de JSD1	: SETA	semis en juillet
Abandon au 2e sarclage	E2SS	Modalité 1 de E2SSUR	: S2PA	< 40 % de la surface non sarclée
		Modalité 2 de E2SSUR	: S2TO	40 - 100
Rendement en mil	RT	Modalité 1 de RT	: RDT1	< 300 kg / ha
		Modalité 2 de RT	: RDT2	300 - 600 kg / ha
		Modalité 3 de RT	: RDT3	> 600 kg / ha

* Notation visuelle qualitative

** Intervalle moyen entre les 2 opérations culturales :

$$ES1S = \frac{(\text{jours du début du semis} - \text{jours du début du 1er sarclage})}{2} + \frac{(\text{jours de fin du semis} - \text{jours de fin du 1er sarclage})}{2}$$

Idem pour ES2S.

moyenne passage de 0,6 à 1 ha/actif) [MARCHAL, 1983]. Les exploitations qui disposent actuellement d'une importante réserve foncière sont situées à Boukéré ; elles ne possèdent pas ou utilisent très peu le matériel de culture attelée et la surface qu'elles cultivent manuellement par actif dépasse très souvent 1,2 ha. Dans ces conditions, le processus d'extensification est bloqué. Seule, la mécanisation totale des sarclages pourrait relancer le processus⁽¹⁾. Dans les villages où le foncier est saturé, l'augmentation de la surface cultivée par actif n'est plus possible sauf si le phénomène migratoire s'amplifiait.

Deux types de stratégies de production sont donc envisageables et actuellement mises en œuvre dans ces villages : intensifier les systèmes de culture afin d'obtenir le rendement maximal avec les risques technico-économiques que cela peut entraîner ou optimiser la production globale de l'exploitation et limiter les effets des aléas climatiques.

4 - VARIABILITE DES RENDEMENTS PARCELLAIRES ET POTENTIALITE DES TERRAINS

4.1 - Variabilité des rendements en mil

L'étude de la variabilité des rendements parcellaires a été effectuée pour les parcelles de mil⁽²⁾, toutes situées hors bas-fond, et pour les années 1985 et 1987. Onze variables explicatives ont été retenues et éclatées en 33 modalités (tableau 19). Les données parcellaires ont été analysées par la méthode d'analyse factorielle des correspondances simples (AFC) à deux niveaux :

- pour l'ensemble des parcelles, tous villages confondus (163 parcelles en 1985, 164 en 1987) ;
- pour l'ensemble des parcelles de chaque village (de 45 à 73 parcelles par année et par village).

On a pu ainsi obtenir huit analyses différentes qui ont toutes des points communs (figure 28) :

- le rendement est très lié aux conditions édaphiques : type et qualité du terrain cultivé. Ainsi, la variable « rendement faible » (< 300 kg/ha RDT1) est proche des variables « terrain dégradé » (DEG) et « terrain à faible potentialité » (SNUL). Inversement, la variable « rendement élevé » (> 600 kg/ha RDT3) est liée aux variables « terrain argileux » (ARGI) et « terrain à forte potentialité » (SBON) ;
- le travail du sol (WSTO) n'est pas lié aux niveaux de rendement quels qu'ils soient, mais à la date de semis (semis tardif SETA) et à l'absence du second sarclage (S2N) ou à un second sarclage partiel (S2PA).

(1) Jusqu'à 1,6 voire 2 ha par actif.

(2) les parcelles de mil et de mil + sorgho lorsque le mil représente plus de 60 % de la production totale, toutes situées hors bas-fond.

Figure 28 : Projection des variables de l' A.F.C.
"Rendements parcellaires" sur le plan factoriel
axe 1 - axe 2.

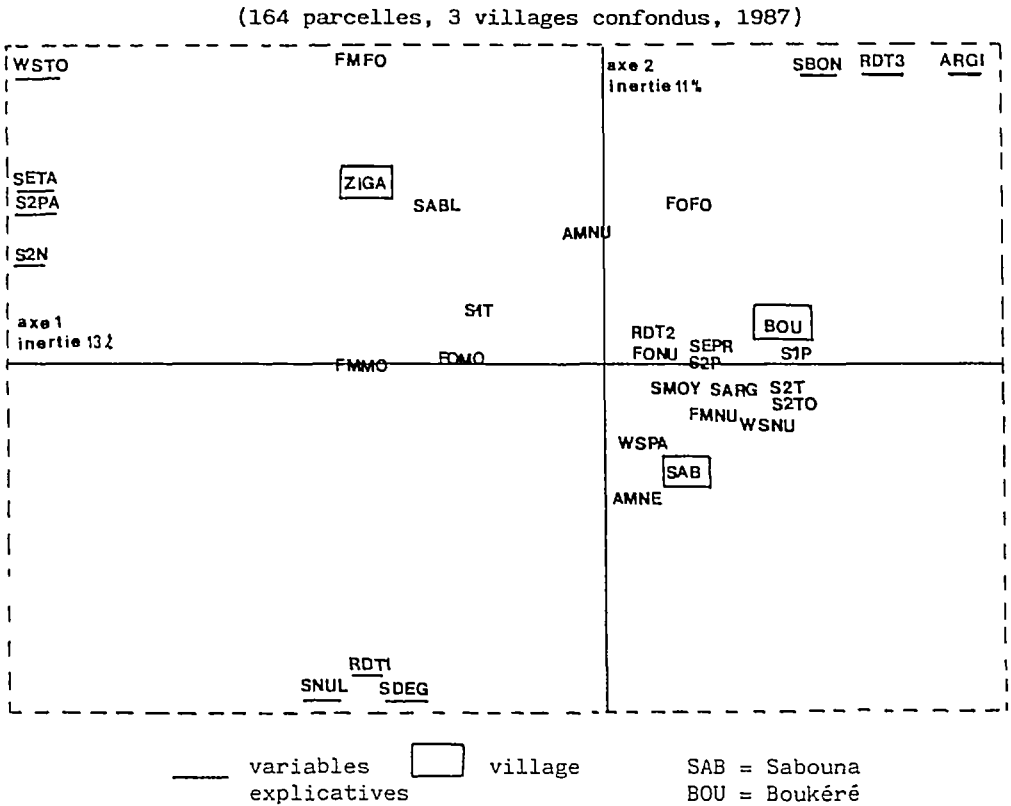
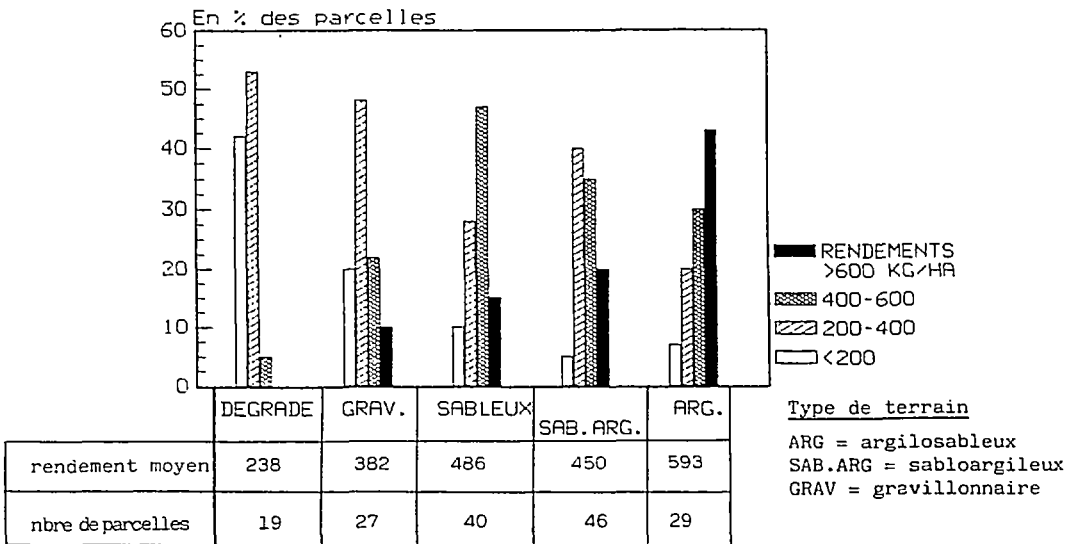


Figure 29 : Variabilité des rendements en mil (et mil + sorgho)
en 1987 selon les types de terrain.



Il n'y a que deux cas (sur les 8 analyses) où l'on observe une relation entre les **niveaux de rendements parcellaires et la qualité des opérations culturales** :

- à Ziga en 1987 (annexe 17) les niveaux de rendement sont liés aux niveaux de fumure organique et minérale : les variables de forte fumure (FOFO, FMFO) sont proches de la variable rendement élevé et inversement pour la fumure faible (FMNU, FONU). Il faut noter que c'est seulement dans ce village que les variables « fumure forte » sont bien représentées ;
- à Boukéré en 1985, la date de semis a un effet sur le rendement (RDT1 à proximité de SETA, annexe 17). La période des semis dans ce village a été étalée sur 45 jours (5 juin-20 juillet) du fait de pluies précoces pendant la première quinzaine de juin alors que dans les deux autres villages, les semis n'ont débuté que fin juin pour se terminer vers le 15-20 juillet (dans ces conditions l'effet « date de semis » sur les rendements est plus limité).

Ces résultats confirment en grande partie les conclusions sur les stratégies des paysans. Les techniques culturales qui pourraient augmenter les rendements ne sont pas utilisées uniquement dans ce but mais aussi dans un objectif de limiter les risques dus aux aléas climatiques: le travail du sol permet de semer tardivement dans de meilleures conditions et limite ensuite le temps de sarclage : l'aménagement n'est pas réservé aux terrains potentiellement les plus productifs mais concerne aussi les terrains dégradés.

Toutefois, les relations entre la qualité du premier sarclage et du second sarclage et les niveaux de production devraient logiquement apparaître vu l'impact de l'enherbement sur le développement des cultures. Nous ne disposons pas de résultats assez précis dans cette étude pour confirmer cette hypothèse : les variables de qualité de sarclage ne correspondent qu'à des moyennes d'intervalles entre deux opérations culturales (tableau 19). Un suivi de ces situations culturales serait indispensable pour établir les relations entre techniques culturales, enherbement et rendement.

Cette analyse a permis de confirmer la logique de certaines stratégies paysannes et les relations, déjà évoquées, entre rendement et type de terrain. Les rendements de mil et mil + sorgho sont plus élevés, et plus stables par rapport aux aléas pluviométriques, dans les situations où l'alimentation en eau des cultures est plus régulière (réserve hydrique des sols plus importante, apport d'eau de ruissellement et donc d'éléments minéraux et organiques (figure 29). Bien que cette relation explique l'essentiel de la variabilité des rendements, il subsiste de fortes variations de production entre les parcelles situées sur un même type de terrain (annexe 18).

Par ailleurs, on retrouve la même variation intervillage des rendements, déjà évoqués précédemment. Les rendements sont supérieurs à Boukéré par rapport à ceux obtenus dans les deux autres villages.

Rendement en mil*	Sabouna	Boukéré	Ziga
1985 moyenne (kg/ha) (coefficient de variation	265 (78 %)	463 (65 %)	399 (84 %)
1987 moyenne (kg/ha) (coefficient de variation	460 (56 %)	460 (59 %)	430 (63 %)

* Tous types de terrain confondus.

Tableau 20: Potentiel de production et types de terrain.

Type de terrain	Potentiel de production	Niveau de rendement	Variabilité de la production
1. terrain dégradé (sol décapé)	-	très faible 1 à 3 q/ha de mil	faible quelque soit la pluviosité
2. terrain gravillonnaire	+	faible de 1 à 5 q/ha de mil	moyenne : . rendements faibles années sèche (réserve hydrique limitée) mais en année à pluviométrie moyenne à forte et bien répartie les rendements peuvent atteindre 5 à 10 q/ha
3. terrain sableux	++	faible à moyen 3 à 5 q/ha	forte : . rendements inférieurs à 3 q/ha en année sèche, pouvant dépasser 6 q/ha en année humide et sur terrain fertile. Réponses aux techniques culturales et fertilisation variable
4. terrain sablo-argileux	++	faible à moyen 3 à 5 q/ha	forte : . la variabilité des rendements est à la fois fonction de la pluviosité et des caractéristiques de l'état de surface du sol (sensibilité à la battance) . bonne réponse des cultures au travail du sol et à la combinaison travail du sol x fumure
5. terrain argilo-sableux de talwegs	+++	moyen à fort (5 à 6 q/ha)	faible : . les rendements varient peu avec les aléas climatiques du fait des apports d'eau de ruissellement en année sèche et du drainage en année humide . bonne efficacité des techniques d'intensification des cultures
6. terrain de bas-fond	+++	moyen à fort (6 à 8 q/ha)	forte : . du fait des excès d'eau en année humide ou en période de forte pluviométrie (août) . difficultés pour valoriser des technique d'intensification des cultures

Potentiel :
 - très faible ++ moyen
 + faible +++ bon
 + + + + très bon

(1) C'est généralement ce type de terrain qui évolue par phénomène érosif en terrain dégradé.

4.2 - Variabilité des rendements en sorgho

Ayant axé nos travaux sur la culture du mil (et sur les terrains situés hors des bas-fonds), nous nous contenterons de décrire la variabilité des rendements de sorgho sans chercher à l'expliquer.

La moyenne des rendements en sorgho (une dizaine de parcelles par village et par an pour notre échantillon d'exploitations) est équivalente à celle du mil (ou mil + sorgho) en terrain argileux de talweg (de 6 à 8 q/ha selon les années et les villages) mais leur variabilité est plus élevée (annexe 18). Ceci est lié aux risques d'inondation et d'excès d'eau qui varient fortement selon les années et la situation des parcelles dans le bas-fond (milieu ou bord de bas-fond, amont ou aval...).

La culture d'un hectare de sorgho exige à peu près deux fois le temps nécessaire pour un hectare de mil en terrain sableux. La production moyenne de sorgho en bas-fond est en revanche presque le double de celle du mil en terrain sableux ou sablo-argileux (6 à 8 q/ha contre 3 à 5 q/ha) mais les risques de mauvaise récolte (< 4 q/ha) ou de récolte nulle sont importants et difficilement prévisibles. Dans ce cas, la rentabilité du travail est très faible et souvent inférieure à celle observée sur les parcelles de mil. Cependant les paysans restent attachés à ce système de culture de bas-fond, qui permet de couvrir une partie des besoins vivriers de la famille en année sèche.

4.3 - Types de terrain, potentialités et stabilités des rendements

A chaque grand type de terrain correspond un potentiel de production et une variabilité plus ou moins forte des rendements en fonction des aléas pluviométriques (tableau 20). Cette variabilité justifie la stratégie de répartition des parcelles d'une même exploitation sur différents types de terrain. Par ailleurs, il est indispensable d'en tenir compte dans l'élaboration de stratégies d'amélioration de la production (voir V^e partie) :

- l'intensification, basée sur une mobilisation du travail et des intrants, sera mise en œuvre prioritairement sur les terrains où la rentabilité de ces investissements est assurée et régulière quels que soient les aléas climatiques ;
- ceci n'exclut pas d'intervenir sur les autres situations en améliorant en premier lieu le bilan hydrique des cultures. Dans ce cas, la marge de progrès n'est pas négligeable (1 à 3 q/ha) mais plus aléatoire.

(1) Une étude précise sur l'élaboration de la production en zone de bas-fond en fonction des paramètres hydrologiques (intensité et fréquence du ruissellement, importance des excès d'eau, délai de ressuyage...) serait nécessaire avant d'étudier les possibilités d'améliorer ce système de culture et surtout avant d'aménager ces bas-fonds.

Tableau 21 : Diversité du milieu physique et stratégies culturales.

Milieu physique et type de terrain	Facteurs limitants d'ordre physique	Implications pour la conduite des cultures	Stratégies culturales	Implication au niveau des systèmes agraires
Haut de pente terrain gravillonnaire	sol <i>peu profond</i> , faible réserve hydrique	peu de possibilités d'amélioration l'alimentation en haut des cultures fertilisation limitée aux champs de case et de maïs	. parfois abandon des terrain trop « séchant »	réduction de la surface cultivable
Plaine et glacis terrain sableux	sol filtrant si très sableux peu fertile ; si culture permanente, taux de matière organique très bas	intensification aléatoire pour le travail du sol et la fertilisation possibilité de bien maîtriser l'enherbement, sol léger	système extensif (semis et sarclage rapide)	problème du maintien de la fertilité de ces zones rarement fertilisées ou laissées en jachère si ravinement important, besoin d'organisation de travaux collectifs
Glacis terrain sablo-argileux	ruissellement ; dégradation de l'état de surface ; faible fertilité chimique	bonne réponse des techniques favorisant l'infiltration de l'eau mais nécessité de la traction animale ou d'aménagement	. aménagement des zones en voies de dégradation et des zones recevant de l'eau de ruissellement . semis précoces et sarclage sur toute la surface, pour maintenir la surface potentiellement récoltable	. concentration pour un aménagement anti-ruissellement efficace sinon réduction de l'espace cultivable . problème du maintien de la fertilité
Talweg, bord de bas-fond argilo-sableux	en année très sèche, déficit hydrique sinon peu de facteur limitant	zone très favorable aux cultures possibilité de valoriser le travail et l'investissement en engrais, le ruissellement peut emporter la fumure et abîmer les plantes, enherbement important	. semis dès la 1 ^{re} pluie, sarclage très précoce (10 jours après le semis) . passage à la riziculture dans certaines dépressions	gestion collective des résidus culturaux (concentrés dans ces 2 types de milieu)
Bas-fond argileux, argilo-sableux	excès d'eau en période pluvieuse, sol lourd difficile à travailler	maîtrise de l'enherbement difficile parfois impossible à réaliser possibilité si inondation de destruction totale ou partielle de la récolte		aménagement global des terrains hors bas-fond en vue de limiter les crues aménagement collectif dans le bas-fond à préciser (jardin, rizière, verger) ou à l'arboriculture

CONCLUSION

L'analyse de la production des exploitations agricoles a montré que la variabilité des rendements céréaliers est importante et dépend des aléas climatiques et des caractéristiques du milieu physique (faible fertilité du sol, ruissellement important). Cette variabilité correspond pour le paysan à des risques économiques de deux natures :

- la chute de la production ne lui permet pas de satisfaire les besoins vivriers de sa famille ;
- le gain de rendement dû aux techniques culturales qui nécessitent un investissement (matériel, engrais,...) est trop faible pour que celui-ci soit rentabilisé.

Ces risques orientent les pratiques et les stratégies des paysans. Généralement ils préfèrent assurer une production peut être limitée mais qui satisfait leurs besoins plutôt que de chercher à augmenter les rendements en intensifiant les systèmes de culture et en prenant des risques. La lecture des pratiques paysannes en fonction du village, des types de terrain et des exploitations met en évidence un point commun à toutes les exploitations : les agriculteurs répartissent les risques de baisse de rendement, de faible efficacité des intrants ou de faible rentabilité du travail sur l'ensemble (ou la plus grande partie) du parcellaire de l'exploitation. Quelque soit le niveau d'utilisation et d'association des techniques culturales pouvant accroître les rendements (fertilisation, travail du sol, aménagement) il est exceptionnel qu'un agriculteur privilégie une de ses parcelles par rapport aux autres.

Pour chaque type de terrain, on peut récapituler les facteurs limitants liés au milieu physique et aux moyens de production des paysans et faire correspondre leurs stratégies culturales permettant de s'adapter au mieux à ces situations (tableau 21). Cet ensemble permet de préciser le potentiel de production céréalier de chaque type de terrain et introduit les relations entre les systèmes de culture et les autres éléments des systèmes agraires (l'élevage, la gestion collective des ressources naturelles). Nous montrerons dans la cinquième partie que pour résoudre le problème d'autosuffisance vivrière il est indispensable de prendre en compte les relations entre ces différents niveaux.

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

L'étude du fonctionnement des exploitations agricoles a permis de préciser les différences entre les trois villages étudiés et les relations entre la qualité des terrains de culture et le niveau de la production céréalière.

Les stratégies des paysans en matière de conduite des cultures visent le plus souvent à limiter les effets néfastes des aléas climatiques. Ce type de stratégie anti-aléatoire est d'autant plus efficace que la pression sur le foncier cultivable n'est pas un facteur limitant de la production (comme c'est le cas à Boukéré). Inversement les agriculteurs disposant d'une surface réduite (moins de 0,8 ha par actif) pourraient logiquement essayer d'intensifier leur système de culture. Cette intensification nécessite la mobilisation d'intrants, donc de revenus financiers qui ne sont pas toujours disponibles. Par ailleurs elle implique une transformation des itinéraires techniques (emploi de la culture attelée par exemple qui n'est pas toujours compatible avec le calendrier cultural, réduit en temps en année peu pluvieuse).

Ces constatations nous amènent à distinguer deux grands types de système technique de production végétale :

- un système extensif dont la performance repose essentiellement sur le niveau de productivité du travail et sur la qualité des terres cultivées ;
- un système en voie d'intensification (surface cultivée par actif réduite) dont la performance est fortement liée à la qualité des terrains. Dans ce cas on a pu montrer, sauf exception (à Ziga) que le niveau d'utilisation des intrants (engrais, fumier) et des techniques « d'intensification » (labour, semences sélectionnées) restent bas par rapport aux propositions habituelles de la vulgarisation.

Face à ces deux types de situation, le souci logique de la plus part des producteurs a été de développer des activités extra agricoles au niveau du village et/ou d'encourager l'installation des fils en zone d'immigration.

Le fonctionnement de la majorité des exploitations agricoles de ces trois villages est donc caractérisé par deux faits essentiels :

- la faiblesse des moyens disponibles et nécessaires à l'intensification des systèmes de culture (principalement les moyens financiers) ;
- la limitation volontaire de l'investissement des revenus extra-agricoles (commerce, migration) lorsqu'ils existent dans l'agriculture au Yatenga. Ces revenus sont en priorité utilisés pour l'achat de vivres et de biens de consommation et/ou réinvestis dans ces activités extra-agricoles.

Nous avons présenté dans la deuxième partie et la troisième partie de ce document les éléments du fonctionnement des systèmes de production et les contraintes naturelles limitant la production agricole. Cet ensemble définit le cadre dans lequel doit se raisonner la mise au point de références, c'est-à-dire la recherche et l'expérimentation d'innovations techniques. Ces expérimentations ont d'autant plus de chance d'aboutir à des recommandations adoptées par les paysans qu'elles répondent à leur problème et qu'elles sont en adéquation avec leurs moyens de production et leurs capacités d'investissement.

QUATRIEME PARTIE

ETUDE DES POSSIBILITES D'AMELIORATION DES PRODUCTIONS CEREALIERES

LES TECHNIQUES D'INTENSIFICATION ENVISAGEES POUR LA CULTURE DU MIL

CHAPITRE I

**Les options prises en matière d'amélioration
de la production céréalière**

CHAPITRE II

L'amélioration de l'alimentation hydrique du mil

CHAPITRE III

**L'amélioration de la fertilité des sols et
de l'alimentation minérale du mil**

ETUDES DES POSSIBILITES D'AMELIORATION DES PRODUCTIONS CEREALIERES :

Les techniques d'intensification envisagées pour la culture du mil

Cette quatrième partie a pour objectif d'évaluer les techniques d'intensification des cultures céréalières que l'on a expérimentées avec les paysans des trois villages d'étude. L'objectif final de ces travaux d'expérimentation était la diffusion d'innovations techniques permettant d'atteindre l'autosuffisance vivrière. L'adéquation entre propositions techniques et capacités d'adoption des producteurs sera abordée dans la cinquième partie.

Après avoir précisé les objectifs de production céréalière à atteindre, nous justifierons les choix qui ont été faits lors du programme d'expérimentation et pour la présentation de ces travaux.

Dans un second temps, nous discuterons à partir des résultats d'expérimentation, des possibilités d'améliorer l'alimentation hydrique et minérale de la culture du mil en vue d'augmenter ses rendements et de réduire leur variabilité face aux aléas climatiques.

CHAPITRE I

LES OPTIONS PRISES EN MATIERE D'AMELIORATION DE LA PRODUCTION CEREALIERE

1 - LES OBJECTIFS DU PROGRAMME DE RECHERCHE-DEVELOPPEMENT EN MATIERE D'AMELIORATION DE LA PRODUCTION AGRICOLE

Les systèmes de production en milieu Mossi sont tournés presque exclusivement vers la production céréalière en vue de l'alimentation familiale. Les autres spéculations végétales restent marginales et ne constituent pas à proprement parler des cultures de rente : arachide, sésame, niébé sont en grande partie autoconsommés. Les cultures maraîchères de contre saison ne concernent que quelques pôles de production autour des villes et gros villages. L'élevage - principalement des petits ruminants - est une activité importante (source de revenu non négligeable) mais qui est depuis quelques années en régression du fait de la raréfaction des ressources fourragères. L'augmentation de la production céréalière est donc apparue, au début de l'intervention du projet de R-D comme un thème d'action prioritaire répondant aux besoins de la majorité des exploitants agricoles.

Notre objectif initial fixé dès 1980 (BILLAZ, 1980), était la mise au point d'un système de culture - hors bas-fond - permettant d'atteindre un rendement en céréales de 8 q/ha à partir de techniques simples et de ressources locales (phosphate naturel du Burkina, matière organique...). Un actif agricole cultive en moyenne 0,8 ha de céréale, et le rapport actif/inactif étant voisin de un, le rendement minimum en céréale pour atteindre l'auto-suffisance alimentaire (220 kg/consommateur) devra être de 550 kg/ha. L'objectif de 800 kg/ha peut apparaître surévalué mais il faut prévoir, en année favorable des surplus couvrant les déficits céréaliers des années à pluviosité déficitaire ($P < 400$ mm).

Le second objectif initial du projet R-D était la diversification de la production agricole : développement des légumineuses, des cultures maraîchères, de la riziculture et de l'élevage. Cette diversification est restée un objectif secondaire; elle nécessite des conditions préalables qui n'existaient pas toujours dans la majorité des exploitations ou même des villages (ressources en eau, disponibilité en terre de bas-fond, troupeau de taille minimum). Par ailleurs les paysans ne souhaitaient pas accroître leur surface de légumineuses tant que leur déficit céréalière n'est pas résorbé. Ainsi la majorité des travaux de recherche a portée sur l'intensification des systèmes de culture céréaliers.

Il faut souligner que l'équipe de chercheurs du projet était constituée principalement d'agronome et d'agroaménagiste d'où l'importance des travaux concernant les

productions végétales. Ceci nous amène à rappeler que ce document n'a pas pour objectif de présenter une synthèse de tous les travaux menés par le projet R-D Yatenga mais s'intéresse particulièrement aux possibilités d'amélioration des systèmes de culture vivriers.

2 - LES DIFFERENTS NIVEAUX D'INTERVENTION

L'amélioration de la production d'une culture dépend de facteurs techniques et économiques (organisation de la commercialisation des récoltes par exemple). Elle se raisonne aussi à différentes échelles :

- au niveau de la parcelle. On peut améliorer l'effet des techniques culturales sur le milieu physique et sur le peuplement végétal cultivé et par conséquent augmenter les rendements ;
- au niveau des terroirs villageois. La lutte contre l'érosion et le ruissellement se raisonne à cette échelle ; elle permet d'améliorer l'infiltration de l'eau sur les parcelles et aussi de limiter la réduction de la surface cultivable du village.

Pour ce dernier point nous n'avons mené que des recherches exploratoires ayant pour objectif l'étude de la mise en oeuvre des techniques d'aménagement et de gestion de l'espace par les populations. Nous ne disposons pas de résultats et d'observations précises nous permettant d'évaluer l'impact de ces techniques sur la production agricole. Vu l'intérêt porté par les paysans aux techniques d'aménagement (cf. infra), il nous apparaît à posteriori que ce domaine de recherche semblerait actuellement prioritaire au Yatenga et serait complémentaire des travaux que l'on a su mener sur les techniques culturales.

Notre intervention en matière d'expérimentation d'innovations techniques s'est donc focalisée sur l'amélioration des systèmes de culture au niveau de la parcelle. Les thèmes retenus ont concerné le travail du sol, la fertilisation, l'introduction de variétés sélectionnées et d'espèces nouvelles, l'entretien et l'association des cultures, le machinisme agricole et la culture attelée. Nous ne présenterons que les points essentiels des nombreux résultats obtenus permettant de discuter de l'intensification des systèmes de culture (voir Rapports d'activités du projet R-D Yatenga, 1982 à 1987).

3 - LES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX ET LES CONTROLES EFFECTUES

Les protocoles des essais et des tests seront présentés dans les deux chapitres suivants. Les essais ont été entièrement conduits par du personnel rémunéré et les facteurs - temps de travail et quantité d'intrants (engrais, pesticides) - sont fixés à priori par les protocoles.

Dans un second temps, les innovations techniques les plus intéressantes en essai ont été testées par les paysans sur leurs propres parcelles avec leurs moyens de production, le plus souvent sur des petites surfaces (100 à 500 m²). Les dispositifs sont très simples, il s'agit de comparer une ou deux innovations techniques (ou itinéraire technique) à la pratique traditionnelle. A chaque traitement correspond une parcelle unitaire ; pour

un site donné (et un paysan) il n'y a pas de répétition de cette comparaison. Le nombre des paysans conduisant le même test varie de 5 à 20 selon le village, le thème technique et l'année. La variabilité des résultats des tests s'est avérée beaucoup plus élevée que celle des essais. Ceci peut provenir de sources de variation non contrôlées par le protocole ou mal observées : un étalement des dates de semis, des différences de qualité des travaux culturaux d'un paysan à l'autre...

Dans la plupart des cas pour les essais comme pour les tests, trois séries d'observations ont été effectuées au cours du cycle cultural : au 30^e jour, au 60^e jour et à la récolte. Ces observations portent principalement sur :

- les caractéristiques des terrains - principalement pour les tests, où elles peuvent varier beaucoup du fait de la diversité des situations ;
- les caractéristiques de la culture (peuplement en poquets, tallage, composantes du rendement et hauteurs des plants)
- l'enherbement (notation) ;
- et dans le cas des essais et tests « travail du sol » le suivi du profil hydrique (profil réalisé à la tarière) et l'observation des profils cultureux.

Nous ne disposons pas des résultats d'analyse de terre des essais fertilisation permettant d'étudier l'évolution de la fertilité des sols.

Les résultats ont été analysés par les méthodes statistiques d'analyse de variance et de comparaison des moyennes (test de Newman-Keuls). Les différentes localisations d'un même test dans un village ont été assimilés à des répétitions d'un essai en bloc. La variabilité des résultats de ces tests a été décrite par les méthodes d'analyse de données (analyse en composantes principales - ACP, analyse factorielle des correspondances - AFC) lorsque le nombre de répétitions était élevé (FRANCILLON, 1988) et par méthode graphique lorsque l'on disposait de moins de 30 répétitions.

4 - PRIORITE A L'AMELIORATION DE LA CULTURE DU MIL **RAPPEL DE QUELQUES DONNEES D'AGROPHYSIOLOGIE**

Le sorgho est actuellement la plante prédominante **uniquement** du système de culture de bas-fond. Les travaux d'expérimentation concernant l'amélioration de ce système de culture ont été peu importants et seront présentés succinctement en annexe. Le riz et le maïs sont en régression du fait de la persistance des années sèches. Ceci n'exclut pas à moyen terme la mise au point de systèmes de culture intensifs concernant ces deux plantes dans le cadre d'aménagements de bas-fond ou de petits périmètres irrigués.

Le mil est donc actuellement la culture prédominante au Yatenga (de 75 % à 95% de la surface cultivée selon les exploitations). Ceci justifie que nos travaux aient été

axés sur cette culture. Le mil, au cycle précoce de 90 jours, est une plante rustique qui s'adapte bien aux différents types de terrain de la région exceptés les bas-fonds argileux inondables.

Cette rusticité - capacités d'adaptation à un milieu caractérisé par de fortes contraintes (pauvreté des sols, aléas climatiques) met en jeu des mécanismes physiologiques (SIBAND, 1981) qu'il est utile de rappeler et qui serviront à l'analyse des résultats d'expérimentation :

- une grande vitesse de croissance qui limite les risques d'échec à la levée et permet une exploration rapide du sol, souvent pauvre en élément minéraux ;
- un tallage important mais ajusté aux conditions du milieu, qui détermine le nombre d'épis ;
- des caractères du système racinaire qui concourent avec le tallage à la rusticité du mil; plus développé en profondeur que celui des autres céréales (sorgho, maïs, riz) il permet au mil d'exploiter un plus grand volume de sol et donc de s'adapter à des conditions climatiques difficiles;
- l'étalement dans le temps de la phase sensible d'un peuplement de mil dû à l'allogamie et au tallage, ce qui permet de limiter les effets de stress hydriques de courte durée sur la production globale.

Sans rentrer dans la description précise des différentes phases du cycle de la plante, on distingue deux périodes sensibles (SIBAND, 1981) :

- la période de floraison durant laquelle les besoins en eau sont élevés ;
- et dans une moindre mesure, la période d'installation de la plante qui est déterminante pour l'élaboration des talles, donc des épis et du rendement.

5- LES THEMES DE RECHERCHE MAJEURS

L'amélioration de la production d'une culture nécessite de bien préciser et de hiérarchiser les facteurs limitants sa production. Pour cela une connaissance précise de l'élaboration du rendement de la culture est indispensable (SEBILLOTTE, 1979). Elle nécessite une étude des relations entre les composantes du rendement, le sol, le climat et les techniques culturales. Dans ce but nous tenterons de remplacer la relation traditionnelle :

Technique → rendement

par la relation :

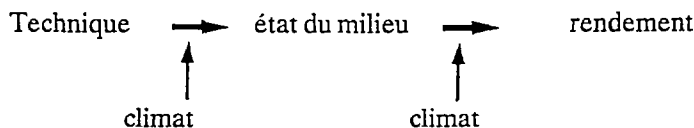
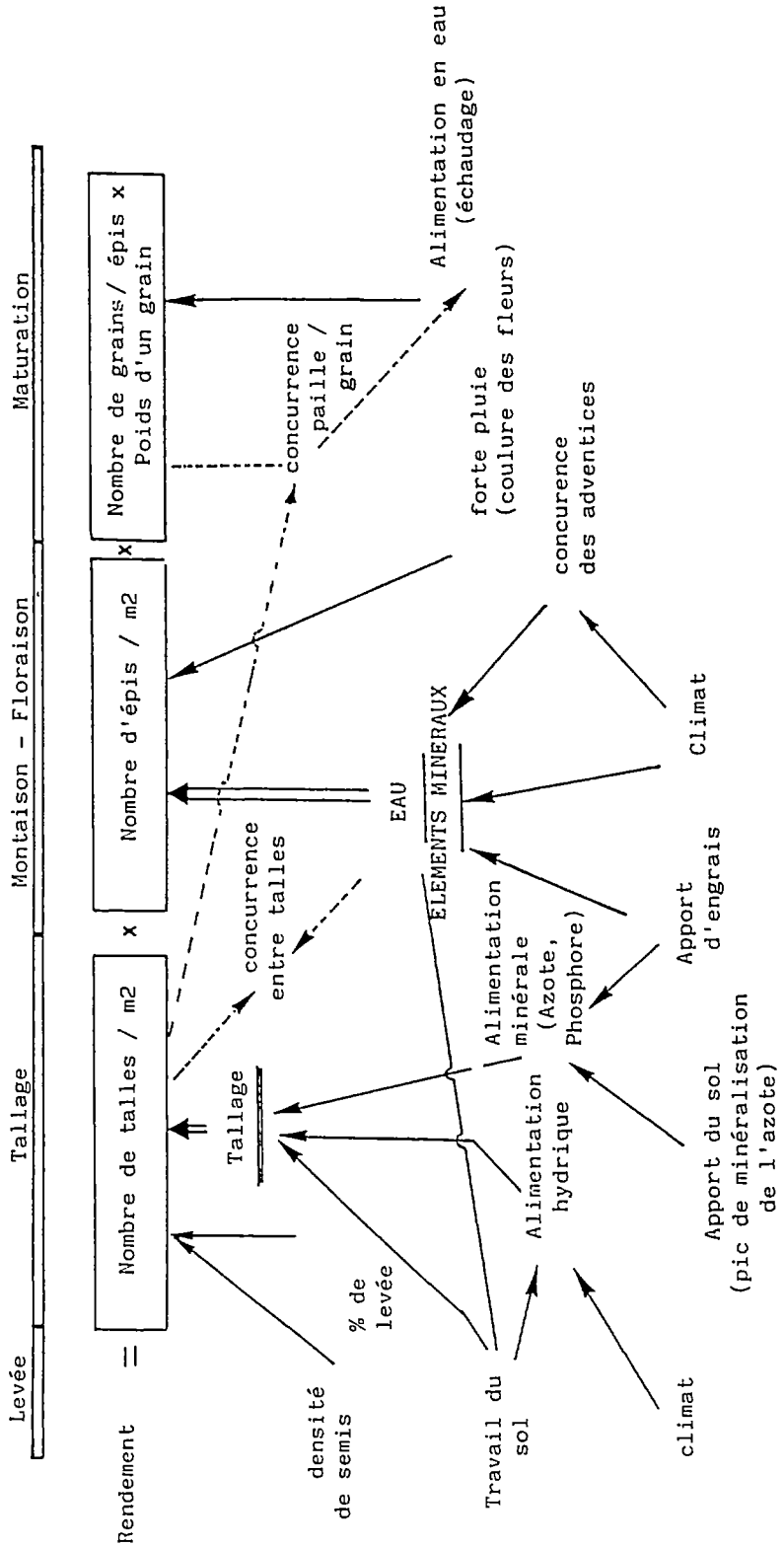


Figure 30 : Schéma simplifié d'élaboration du rendement du mil



La relation d'une technique avec le rendement est très rarement directe, son effet se concrétise généralement par la transformation d'un état du milieu qui va ensuite influencer sur l'élaboration du rendement.

L'élaboration du rendement du mil est difficile à appréhender du fait de la rusticité et des phénomènes de compensation possible entre les différentes composantes. On peut tout de même proposer un schéma simplifié d'élaboration du rendement du mil (figure 30) qui permet de mettre en évidence les facteurs les plus importants :

- **l'alimentation en eau de la plante** est déterminante à tous les stades de la culture.
- **l'alimentation minérale des plantes**, du fait des carences en phosphate et azote des sols, est un facteur important dans la mesure où la contrainte hydrique a été levée (ou partiellement levée). Elle est fonction des réserves du sol mais surtout des apports sous forme d'engrais minéral ou de fumure organique. L'interaction entre alimentation hydrique et minérale est importante. Les techniques permettant d'accroître les réserves en eau du sol entraînent une augmentation de la biomasse aérienne et racinaire donc des besoins en éléments minéraux plus importants. Inversement on a pu constater qu'un apport de fertilisant peut accroître rapidement la croissance des plantes cultivées (-- demande en eau supérieure au stade montaison) mais aussi du système racinaire (-- résistance à la sécheresse) et raccourcir le cycle végétatif (floraison plus précoce).

D'autres techniques ou le choix de variétés peuvent aussi avoir des effets sur l'élaboration du rendement :

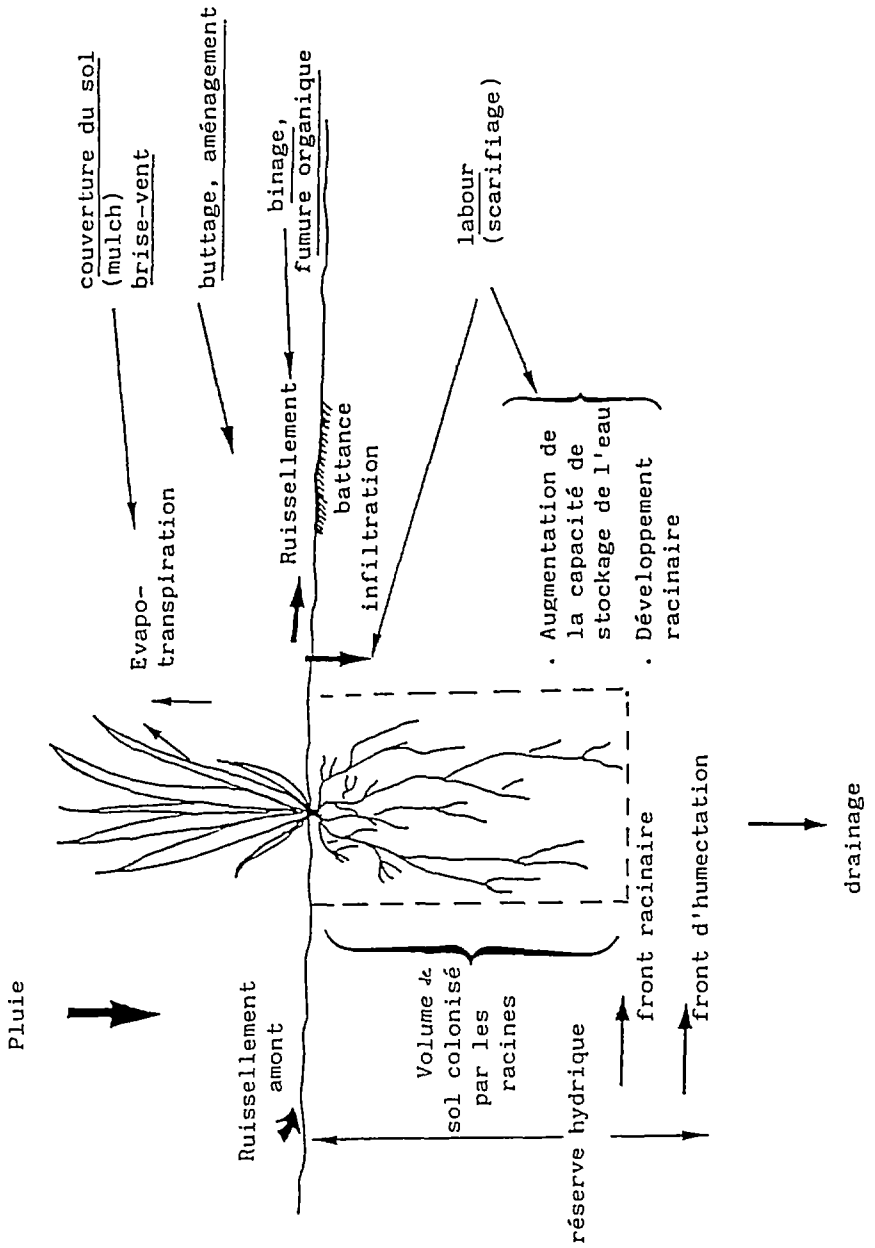
- la densité de semis et le démariage permettent d'obtenir un **peuplement** optimal pour les conditions d'un milieu donné. Les quelques tests et essais portant sur ce sujet ont donné peu de résultats significatifs (amélioration du rendement). Ils s'avèrent que les paysans raisonnent et contrôlent bien le peuplement de la culture du mil ;
- le choix d'une **rotation** : le type de précédent cultural influe sur le rendement de la culture suivante (NICOU, 1978). La possibilité de proposer des rotations céréale (mil ou sorgho) - légumineuse (arachide ou niébé) n'est pas envisageable pour le moment du fait de la prédominance des surfaces en céréale. Nous n'avons pas entrepris de travaux sur cet aspect, que l'on ne discutera donc pas par la suite ;
- le choix de **variétés** : chaque variété de mil (ou de sorgho) a des caractéristiques propres comme la longueur du cycle ou la qualité gustative du grain. Le mil est allogame, il est donc difficile à l'échelle d'un village de conserver plusieurs variétés bien distinctes. L'amélioration des cultivars locaux, et la création de variétés ont fait l'objet de nombreux travaux depuis plus de 30 ans (BONO, 1962 ; CHANTEREAU et ETASSE, 1976). Les objectifs de sélection en ce qui concerne le mil sont l'augmentation de la productivité, le raccourcissement de la longueur du cycle, le maintien des caractéristiques gustatives et la résistance au stress hydrique. Nous avons évalué ces variétés sélectionnées (« améliorées ») dans le cadre d'essais et de tests. Les résultats prometteurs dans un premier temps n'ont pas débouché, sur une adoption massive de ces nouvelles variétés par les paysans. Le gain de productivité était assez faible et ces variétés se sont avérées dans l'ensemble moins rustiques que les variétés locales (MATLON, 1985). Aussi nous ne discuterons pas de l'intérêt des variétés sélection-

nées par rapport à un processus d'intensification des systèmes de cultures céréalières⁽¹⁾.

Nous ne retiendrons donc que les deux thèmes majeurs : l'amélioration de l'alimentation hydrique et minérale du mil. Ils seront étudiés séparément dans un premier temps puis nous tenterons de faire une synthèse en vue de dégager les principales recommandations proposables aux exploitants agricoles.

(1) La possibilité de proposer aux paysans des variétés sélectionnées s'est avérée très utile, dans le processus R-D : ceci permet d'entamer rapidement un travail simple de démonstration ; souvent acceptées comme une solution miracle passe partout, les variétés sélectionnées ont souvent été les révélateurs d'une faible fertilité des sols et d'une extensification des systèmes de culture (techniques culturales peu soignées).

Figure 31 : Techniques culturales et bilan hydrique des cultures



CHAPITRE II

L'AMELIORATION DE L'ALIMENTATION HYDRIQUE DU MIL

Quelles techniques utiliser pour une meilleure gestion de l'eau au niveau de la parcelle ?

1 - PROBLEMATIQUE

Dans le cas d'un système de culture pluvial en région soudano-sahélienne un des objectifs majeurs de l'agronome est de valoriser au mieux l'eau des pluies. Cette valorisation par les cultures dépend de la topographie des terrains cultivés et des caractéristiques des sols qui déterminent le ruissellement. Le contrôle de celui-ci met en jeu des techniques qui améliorent l'infiltration de l'eau dans le sol : les techniques d'aménagement (diguettes et cordons pierreux, annexe 13), le travail du sol. Ces techniques sont complémentaires et leur efficacité est d'autant plus grande qu'elles sont associées. Disposant de peu de résultats précis sur l'impact des aménagements antiérosifs sur le bilan hydrique des cultures, nous nous intéresserons plus particulièrement au travail du sol.

Le travail du sol regroupe la préparation du sol avant le semis (en sec ou en humide) et les interventions durant le cycle cultural (sarclobinage, buttage, buttage cloisonné). Ces techniques culturales qui visent à améliorer l'alimentation en eau des cultures, n'ont pas seulement comme effets de réduire le ruissellement en favorisant l'infiltration de l'eau, elles interviennent aussi sur l'enherbement (limitation de la concurrence pour l'eau), le volume d'eau stocké dans le sol, la structure du sol et en conséquence sur la croissance du système racinaire (figure 31).

Le travail du sol représente pour nous le thème principal par rapport à l'objectif d'amélioration de l'alimentation en eau du mil. Ceci n'exclut pas, une fois de plus, l'intérêt des thèmes comme le contrôle du ruissellement par des ouvrages antiérosifs ou la limitation de l'évaporation par le paillage et les brise-vent.

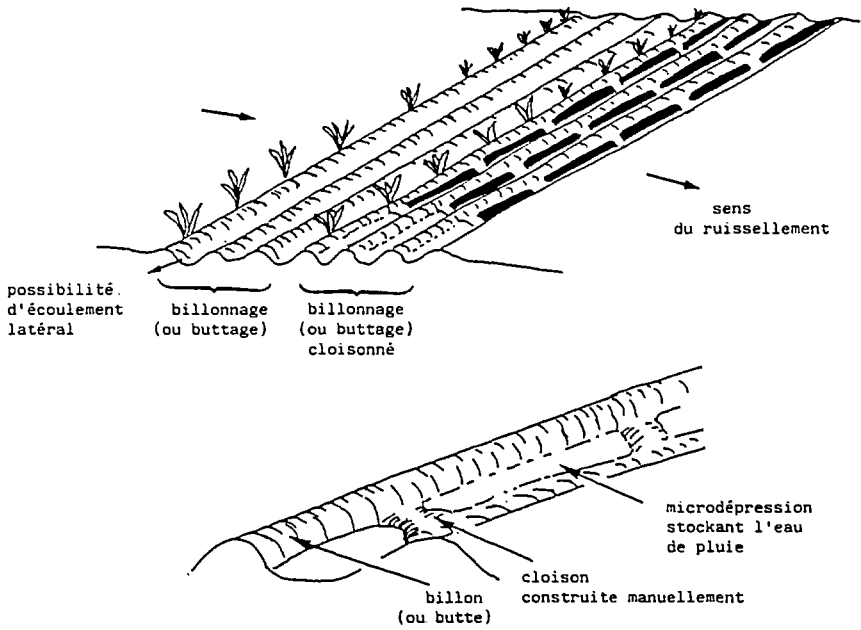
Nous présenterons successivement les résultats des essais puis des tests en milieu paysan. Cette dichotomie se justifie par le fait que nous disposons pour les essais de nombreux résultats et d'observations permettant de discuter de l'effet des techniques de travail du sol sur l'élaboration du rendement du mil en fonction du climat. Les tests, réalisés en

Tableau22: Description des traitements de l'essai travail du sol-économie de l'eau.

Traitements*	Description	Entretien de la culture
Semis direct (SD)	Semis sur sol non travaillé	2 sarclages à plat (gratage superficiel à la daba ou à la houe manga)
Labour à plat (L)	A la charrue, 10 à 15 cm de profondeur	2 sarclages à plat
Labour en billon (LB)	Billons réalisés à la charrue ou au corps butteur, semis sur le billon	Reprise des billons au 1 ^{er} et 2 ^e sarclage manuellement ou au corps butteur
Labour en billon + cloisonnement des billons dès le semis (BC)	Idem LB + cloisonnement manuel perpendiculaire aux billons tous les 1,5 m. avant le semis	1 ^{er} et 2 ^e sarclages manuels (entretien des billons cloisonnés)
Labour à plat + buttage cloisonné 1 mois après la levée (LBC)	Idem labour à plat + passage d'un corps butteur au 30 ^e jour et cloisonnement manuel à la daba	1 ^e buttage fait office de 1 ^{er} sarclage 1 ^e 2 ^e sarclage est réalisé manuellement et permet d'entretenir les billons
Scarifiage avant semis puis buttage cloisonné 1 mois après la levée (SBC)	Idem LBC, le scarifiage à la houe manga (outils à dent) remplace le labour	Idem LBC
Scarifiage avant semis puis binages après chaque grosse pluie (SDR)	Scarifiage avant semis Un tirage est réalisé après chaque grosse pluie de forte intensité, entre les lignes de semis, avec une houe manga	2 sarclages à plat

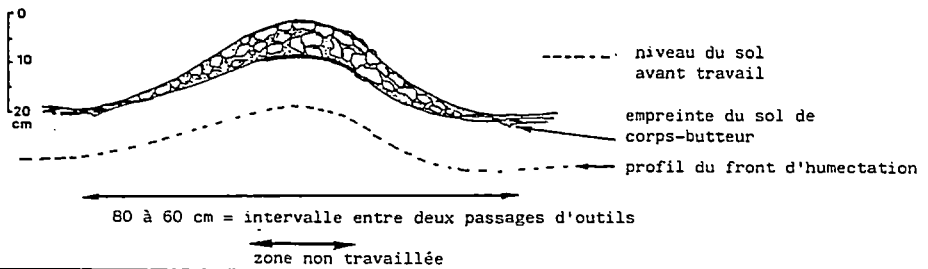
* Traitements communs à toutes les années pour les trois sites : SD, L, LBC, SBC, SDR

Figure 32 : Illustration de quelques techniques de travail du sol



b - Schémas de l'horizon travaillé par le billonnage et le labour

BILLONNAGE



LABOUR

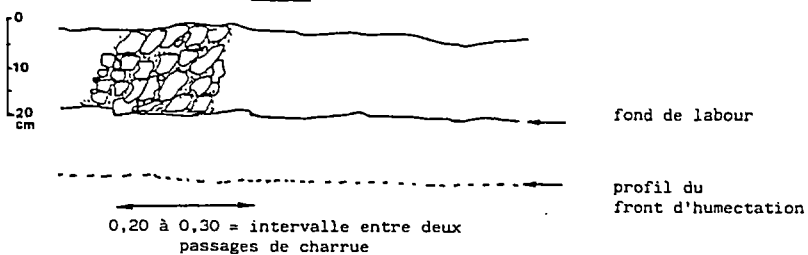


Tableau 23: Localisation de l'essai travail du sol et économie de l'eau.

Localisation	Type de terrain*	Année	Culture**	Contraintes climatiques	I ^{ET} R/E ^{ET} M cycle
Ziga	Sol sablo-argileux peu profond (craie à 80 cm)	1983	Sorgho	Fort (culture de sorgho 100 jours)	0,5
		1984	Mil	Très forte	0,3
		1985	Mil	Faible	0,76
		1986	Mil	Faible	0,86
Sabouna site n° 1	Sol brun à recouvrement Sableux profond (> 1,5 m)	1982	Mil	Faible	0,74
		1983	Mil	Moyenne	0,63
		1984	Sorgho (IRA'T 204)	Très forte (récolte nulle)	0,3
		1985***	Sorgho (IRA'T 204)	Forte	0,4
Sabouna site n° 2	Sol sableux, profond (> 1,5 m)	1985	Mil	Fort	0,35

* Voir analyse physique des sols annexe 19 ; ** Lorsque la variété n'est pas mentionnée il s'agit de variété locale. *** Arrière-effet du travail du sol.

1985 et 1986 par un nombre important d'agriculteurs, permettront de discuter de la variabilité des résultats en fonction des types de terrain et de l'intérêt des paysans pour ces innovations techniques.

2 - L'ESSAI TRAVAIL DU SOL ET ECONOMIE DE L'EAU

2.1 - Objectif de l'essai

L'objectif de l'essai - travail du sol - économie de l'eau - est de comparer l'effet de différentes techniques de travail du sol sur une culture de mil par rapport à la pratique habituelle des paysans : le semis direct (sans préparation du sol). Tous les travaux sont réalisés avec des outils de traction bovine (charrue, houe-manga, corps butteur). On peut classer les traitements en trois groupes selon l'importance du temps de travail qu'ils nécessitent :

- le semis direct qui peut avoir lieu rapidement dès la première pluie supérieure à 20 mm après le 15 juin ;
- les traitements demandant un **temps de travail important**, avant le semis (labour en billon) ou lorsque le second sarclage est remplacé par un buttage cloisonné. Le labour + buttage cloisonné combine les deux effets mais demande le maximum de temps de travail ;
- les traitements pouvant se réaliser rapidement avant le semis (scarifiage) et pouvant être combinés ou non à des techniques de travail du sol en cours de cycle (binage et buttage cloisonné). Ces techniques sont à priori plus facilement vulgarisables que les précédentes. Le nombre de jours disponibles au mois de juin pour effectuer les labours en bonnes conditions est limité (de 2 à 10 pour la période 1970-1987, voir V^e partie).

2.2 - Dispositif expérimental

Le même dispositif a été retenu à Ziga et à Sabouna : essai en blocs complets, 6 traitements x 6 répétitions ; parcelles unitaires de 20 m de longueur permettant l'utilisation rationnelle de la traction bovine. La fumure minérale apportée au semis est la même quel que soient les traitements (36-14-23 de NPK).

Le mil est semé en poquet (8-10 graines), le démariage à 3 pieds par poquet est réalisé 10 à 15 jours après la levée (idem pour tous les essais présentés dans cette quatrième partie). Les sarclages sont réalisés régulièrement et sont remplacés pour certains traitements par un buttage ou un buttage cloisonné. Les binages supplémentaires (traitement binages répétés) sont réalisés en complément des deux sarclages (tableaux 22 et 23, figure 32).

La date de semis est la même pour tous les traitements. Ce choix a été effectué pour faciliter le traitement statistique des résultats, mais il ne permet pas de mettre en évidence l'effet d'un écart probable en milieu paysan entre la date du semis direct (première pluie supérieure à 20 mm après le 15 juin) et les dates de semis sur les traitements

travaillés (semis à la seconde pluie). Cet intervalle, s'il est important aura des conséquences sur le rendement qui peuvent compenser au moins en partie l'effet du travail du sol.

2.3 - Résultats

2.3.1 - L'effet des techniques de travail du sol sur l'état du milieu

Le suivi de l'état de surface n'a pas fait l'objet de mesures précises (vitesse d'infiltration...) mais des profils culturaux montrent que trois à quatre semaines après le semis, l'état de surface sur les parcelles labourées présente, comme sur la parcelle semée directement, une croûte de battance en formation (bien que le terrain reste plus bosselé après labour). Cela explique l'intérêt à cette période des façons superficielles limitant la formation de la croûte. Les binages répétés ont pour effet d'ameublir l'état de surface en créant un horizon superficiel très motteux. Les mottes (3 à 6 cm de diamètre) se délitent facilement sous l'effet de la pluie suivante surtout si son intensité est forte (50mm/heure). L'effet du binage semble donc fugace bien que l'horizon de surface soit moins battu qu'en l'absence de travail. Le buttage ou billonnage cloisonné a un effet beaucoup plus prononcé et durable sur le modelé de la surface du sol ; cela limite le ruissellement mais nécessite un entretien au moment du second sarclage (remontée des billons). Lorsque les billons ne sont pas cloisonnés et pas parfaitement parallèles aux courbes de niveau on observe un ruissellement le long des billons préjudiciable aux cultures (Ziga, 1983) [figure 32].

Le travail du sol modifie aussi la **structure de l'horizon travaillé**, modifications que l'on peut observer encore 60 jours après la réalisation des travaux. L'effet du scarifiage ou du binage est superficiel (6 à 8 cm de sol travaillé) en revanche le labour à plat améliore la structure du sol de façon homogène sur une profondeur de 10 à 15 cm. Ceci a des conséquences sur l'aération du sol, la circulation de l'eau et l'enracinement. Les billonnages et buttages ne travaillent pas l'horizon 0-15 cm de façon homogène (figure 32). La terre ameublie sur la partie supérieure du billon a tendance à se dessécher rapidement, ce qui peut entraîner des difficultés d'installation des cultures (mauvaise levée...) en cas de période sèche. Ces techniques culturales modifiant les caractéristiques de l'état de surface et de la structure du premier horizon, conditionnent la **circulation de l'eau dans le sol**. Les profils hydriques (annexe 20) réalisés sur ces essais montrent :

- une quantité d'eau stockée inférieure sur les parcelles semées directement, en milieu du cycle de la culture ; cette différence par rapport aux autres traitements diminue en fin de cycle (les plantes plus développées sur les parcelles travaillées consomment plus d'eau) ;
- des différences relativement faibles entre les profils hydriques des divers traitements travail du sol (labour, labour + buttage cloisonné et scarifiage + binage), sauf pour le buttage cloisonné qui augmente en fin de cycle le volume d'eau stocké ;
- un effet du travail du sol sur la progression du front d'humectation. Dans tous les cas le front d'humectation ne dépasse pas l'horizon 100 cm, même lorsque le sol est profond (> 1,5 m).

Le travail du sol, en retournant la terre et/ou en l'ameublissant joue sur le **développement des adventices**. Des mesures d'enherbement (pesée de matière sèche, nota-

tions) [annexe 21] montrent que les parcelles non travaillées sont plus enherbées surtout avant le premier sarclage et même parfois avant le second sarclage. Les parcelles scarifiées non binées sont plus enherbées que les parcelles où il y a retournement du sol (labour). Sur les parcelles billonnées on peut observer un enherbement localisé, sur le haut du billon (sur la ligne de semis), alors que dans le creux les périodes d'engorgement temporaire limitent la levée des adventices.

Ces résultats très succincts rejoignent les observations des paysans :

- le labour est surtout utilisé pour éliminer les plantules d'adventices, sur une parcelle semée tardivement. Il permet ensuite de retarder le premier sarclage et rend souvent le second sarclage inutile ;
- le scarifiage a surtout une fonction de préparation du lit de semence mais il ne permet pas de maîtriser correctement l'enherbement par la suite. Si la parcelle est très enherbée avant semis le scarifiage peut parfois favoriser le développement des adventices.

2.3.2 - L'effet des techniques de travail du sol sur la croissance et le développement du mil

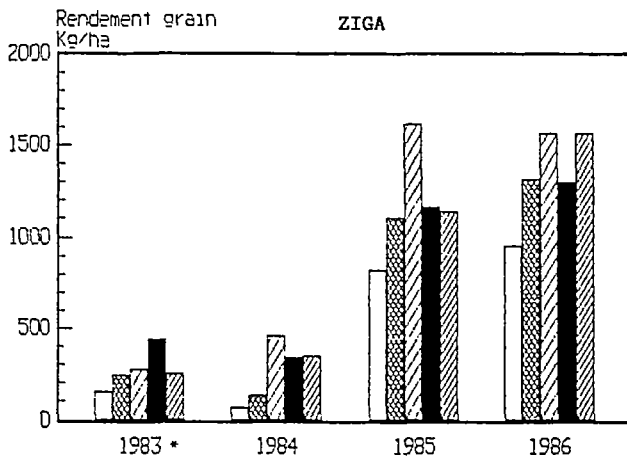
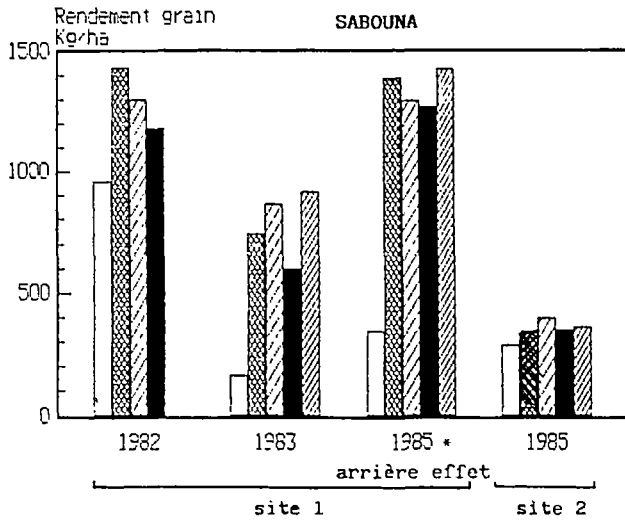
Les travaux du sol et plus particulièrement le labour entraînent une **meilleure croissance des parties aériennes** (hauteur des plantes) ainsi qu'une augmentation de la vitesse d'apparition des talles et du nombre de talles formées (annexe 22). Ces différences ont tendance à s'estomper en fin de cycle sauf en année particulièrement sèche (1984).

En zone semi-aride, on observe généralement une corrélation positive entre la biomasse des parties aériennes et celle du **système racinaire**. Les profils culturaux observés en cours ou en fin de cycle font apparaître de grandes différences de répartition des racines selon les traitements. La méthode du profil cultural (HENIN et al., 1969) dans une région où le travail du sol est peu profond et les façons culturales de préparation du lit de semences inexistantes se résume surtout à la description de l'horizon de surface de la couche travaillée et du système racinaire.

Les observations du profil racinaire portent sur la profondeur d'enracinement (dernière racine visible quelle que soit sa taille), la longueur et la densité de racines. La méthode de comptage des racines a été *simplifiée* par rapport aux méthodes employées habituellement (CHOPART, 1981 ; TARDIEU et MANICHON, 1986) ; pour chaque horizon de sol de 10 cm on compte le nombre de racines visibles qui coupent une ligne horizontale fictive.

Quarante-cinq jours après semis les différences entre les traitements sont facilement observables, elles demeurent jusqu'à la fin du cycle (annexe 23). Le travail du sol augmente la profondeur d'enracinement mais aussi la densité racinaire dans l'horizon 0 - 30 cm. C'est ce dernier critère qui différencie les effets du labour à plat du labour en billon, le volume de terre ameublie étant plus réduit dans ce dernier cas. Le labour à plat permet une colonisation massive de l'horizon travaillé (profil en forme de rectangle), le labour en billon permet comme le labour d'améliorer la profondeur maximum d'enracinement (profil

Figure 33 : Techniques de travail du sol et rendements des cultures
(essai travail du sol - économie de l'eau)



Traitements

- semis direct
- labour
- labour + buttage cloisonné
- scarifiage + binage répété
- scarifiage + buttage cloisonné (absent à Sabouna en 1982).

* sorgho, les autres années mil

en forme de triangle). Le scarifiage améliore de façon moins marquée la colonisation des racines dans les horizons de surface jusqu'à 30 cm de profondeur. Le cloisonnement ou le buttage en cours de cycle (30 à 40 jours après semis) a peu d'effet direct sur l'enracinement. Les effets des techniques culturales agissent principalement en début de cycle.

Ces caractéristiques sont très différentes de celles observées par CHOPART (1981) au Sénégal en sol très sableux (5 % d'argile + limon), où les racines du mil descendent jusqu'à 1,80 m quel que soit le travail du sol. Cet auteur a montré que le labour avait peu d'effet sur la vitesse de progression du front racinaire, mais qu'il augmentait la vitesse de croissance des racines durant la période début tallage - floraison et donc le volume de sol colonisé. En fin de cycle les différences entre travail du sol et semis direct deviennent négligeables sauf pour la densité de racines en profondeur.

Concernant nos essais les résultats sont comparables pour l'augmentation par le travail du sol de la croissance du système racinaire, mais les autres critères d'appréciation diffèrent :

- la profondeur maximum est beaucoup plus faible. Les racines ne descendent pas au-delà d'un mètre. Ceci est lié d'une part à la texture du sol beaucoup plus argileuse en profondeur à Sabouna (dès 40 cm, 30 % d'argile) et riche en gravillon dès 80 cm à Ziga, d'autre part l'enracinement suit la progression du front d'humectation qui dépend de la pluviosité, du ruissellement et de la capacité de rétention en eau des premiers horizons (0-80 cm) ;
- les différences observées entre traitements en cours de végétation subsistent jusqu'à la récolte. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'en terrain sablo-argileux, le travail du sol a un effet direct sur la progression du front d'humectation et donc du profil racinaire. En sol très sableux, l'eau, quel que soit le travail du sol, s'infiltre rapidement en profondeur.

2.3.3 - L'effet des traitements sur le rendement et ses composantes

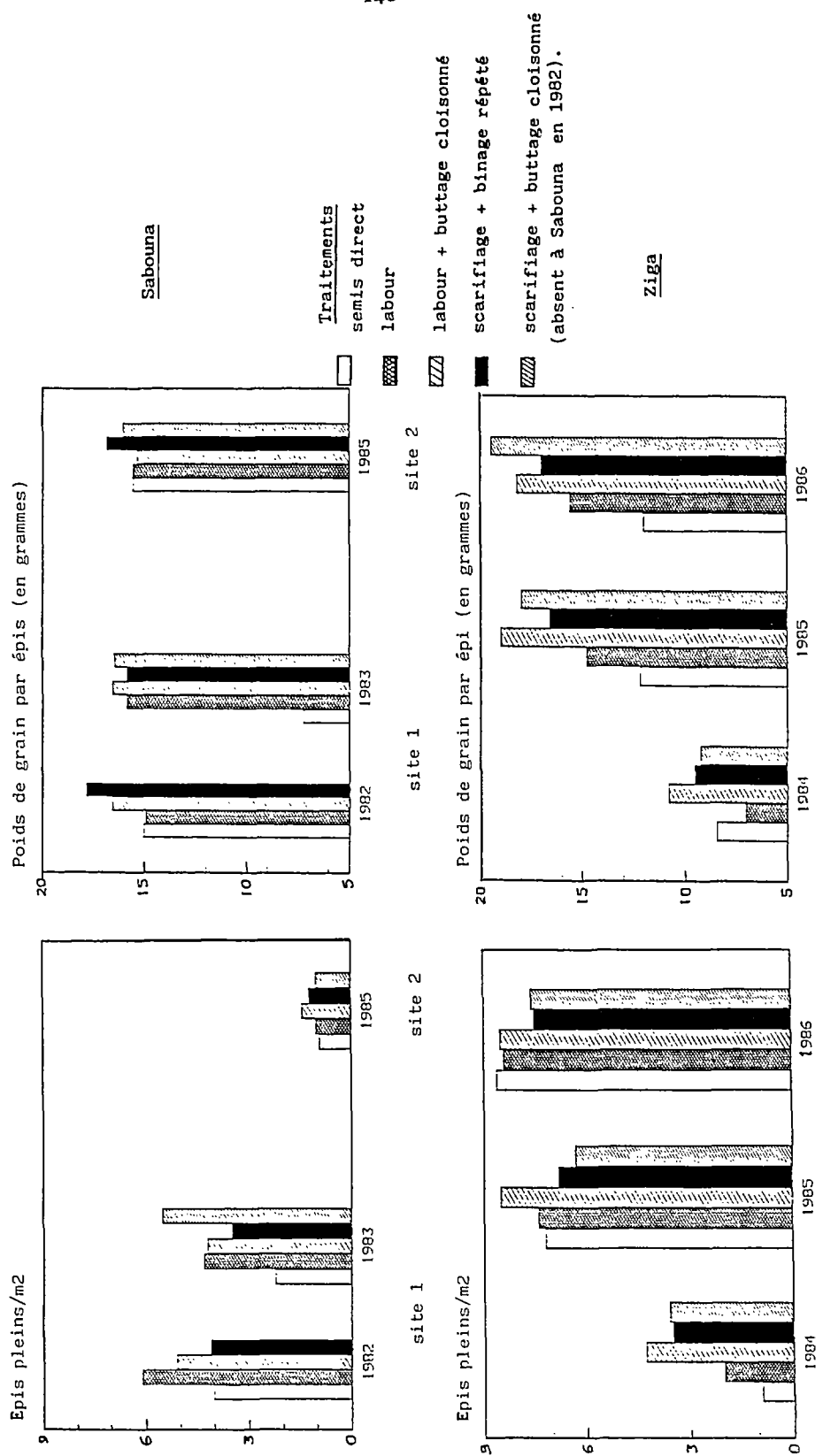
Le travail du sol améliore la croissance et le tallage du mil et augmente le stock d'eau dans le sol ; il devrait donc en conséquence augmenter le rendement.

Le rendement (poids de grain/ha)

Les techniques de travail du sol ont dans presque tous les cas un effet significatif sur les rendements par rapport au semis direct (semé à la même date) [figure 33]. Le gain de rendement est très variable selon les années. En année à pluviométrie satisfaisante (Sabouna 1982, Ziga 1985 et 1986) le gain est de l'ordre de 30 % et il n'y a pas de différence significative entre les traitements autres que le semis direct (dont le rendement varie entre 8 et 9 q/ha). En année à pluviosité déficitaire les gains de rendement dus au travail du sol sont considérables ; le rendement quadruple à Sabouna en 1983 et triple à Ziga en 1984 (semis direct 166 et 69 kg/ha). En revanche si le déficit hydrique est très marqué, il y a peu d'effet des techniques et tous les rendements sont très faibles (Sabouna 1985 de 2 à 3 q/ha) ou nul (Sabouna, 1984).

Il est possible d'établir des distinctions entre les traitements de travail du sol, bien qu'il n'existe pas pour toutes les années de différences significatives (au seuil 5 %)

Figure 34 : Travail du sol et composantes du rendement du mil (essai travail du sol - économie de l'eau)



[annexes 24 et 25]. Le classement est à peu près toujours le même :

- le traitement - labour à plat + buttage cloisonné - obtient presque chaque année le meilleur rendement ;
- il est remarquable de noter que les deux traitements demandant peu de temps en début de saison (scarifiage + buttage cloisonné et scarifiage + binages répétés) donnent des rendements équivalents aux traitements intensifs (labours à plat et en billon) ;
- la technique de buttage cloisonné donne des résultats intéressants quel que soit le travail du sol entrepris avant semis. Il faut toutefois interpréter ces résultats avec prudence, car sur ces parcelles (sauf en 1982) se répète chaque année le même traitement, il y a donc un arrière-effet positif qui s'exprime en début de cycle. En saison sèche les buttes cloisonnées retiennent le sable, quelques feuilles... Les premières pluies ne ruissellent pas et s'infiltrant mieux, facilitant ainsi la préparation du sol (labour avant semis). Cet arrière effet est d'autant plus important que la pluviosité est déficitaire (Ziga, 1984).

A ces remarques d'ordre général il faut ajouter des cas particuliers intéressants :

- l'essai Sabouna en 1985 (site n° 2) situé sur sol sableux montre des résultats équivalents quels que soient les traitements (3 à 4 q/ha). Le semis a été tardif et le déficit hydrique important (ETR/ETM cycle = 0,33). Le travail du sol ne pouvait pas améliorer le stockage de l'eau : les pluies étaient rares (surtout en fin de cycle) et l'eau s'infiltrait rapidement en profondeur (texture plus sableuse que pour le site n° 1, taux d'argile < 10 % sur 0-90 cm). Le semis direct était possible sur la pluie du 1^{er} juillet et aurait peut être donné un meilleur rendement que celui obtenu en semant le 13 juillet (ETR/ETM cycle = 0,65 au lieu de 0,58). Ces résultats montrent la limite du travail du sol en terrain à texture sableuse, texture qui permet en revanche un semis précoce car l'horizon de surface s'humecte facilement et sur une plus grande profondeur qu'en sol plus argileux ;
- l'arrière-effet du travail du sol a été mesuré en 1985 à Sabouna (site n°1) sur une culture de sorgho à cycle court. Les résultats sont remarquables, les plants de sorgho ont eu beaucoup de mal à se développer en début de cycle sur les parcelles **semis direct** (mauvaise levée...). Du point de vue statistique l'arrière-effet dû au travail du sol (effet cumulatif de 1982 à 1984) est équivalent pour les cinq traitements (même pour le scarifiage + binages qui travaille le sol superficiellement). Il est probable que ces différences auraient été moins importantes avec une culture de mil, plante plus rustique.

Les composantes du rendement

Les composantes du rendement observées sont le poids de grain, le nombre d'épis pleins et le nombre de poquets récoltés. Par calcul on obtient le poids de grain contenu dans un épi. Le poids de 1 000 grains n'a pas été mesuré chaque année dans la mesure où les variations sont assez faibles. A ces observations s'est ajoutée la mesure du poids de paille.

Le nombre de poquets récoltés par mètre carré se situe toujours autour de 1,5 (semis à 1,6 poquet/m²), il varie très peu en fonction des années et des traitements. Ceci s'explique par le fait qu'en expérimentation les resemis et même les repiquages permettent d'obtenir des densités homogènes, jugées optimales.

La composante - poids d'un grain de mil (ou poids de 1 000 grains) ne montre de variation notable que lorsque les écarts de rendement sont les plus élevés (Sabouna, 1983). Lorsque les différences de rendements sont moins accusées le poids de 1 000 grains est peu variable. Il se situe entre 8 et 12 g quels que soient les traitements.

Les composantes qui expliquent en grande partie le rendement sont le nombre d'épis pleins récoltés (NEP/m²) et le poids de grains par épi (PG/EP). Le travail du sol entraîne généralement une augmentation d'une ou de ces deux composantes (figure 34). Cet effet varie selon les conditions climatiques :

- **les années à fort déficit hydrique** tout au long du cycle cultural (Sabouna 1983, Ziga 1984) le rendement est fonction du nombre d'épis pleins par mètre carré. Le tallage de la plante est limité. Les techniques de travail du sol qui valorisent le mieux l'eau permettent en cours de cycle (période végétative) un meilleur développement, une augmentation du tallage donc du tallage utile et du nombre d'épis pleins à la récolte. Le poids de grain par épis (PG/EP) varie peu ;
- **les années où le déficit hydrique est limité** (Ziga 1985, 1986) le rendement est surtout fonction du poids de grain par épi (grosesse de l'épi). La plante a pu se développer normalement durant les deux premiers mois de végétation. Le nombre d'épis récoltés varie peu. En fin de cycle, l'eau reste toujours un facteur limitant, les techniques les plus performantes ont permis un meilleur stockage de l'eau dans le sol tout au long du cycle ainsi qu'un enracinement plus efficient. Dans ces conditions le remplissage de l'épi (fécondation, formation du grain...) donc le PG/EP variera selon l'efficacité du travail du sol pratiqué ;
- **les années intermédiaires** se caractérisent par un début de saison satisfaisant mais un déficit hydrique principalement marqué en fin de saison (Sabouna 1982 et 1985). Les plantes se développent normalement, le travail du sol favorise le tallage mais la sécheresse en fin de cycle entraîne un aplanissement des différences entre traitements. Ceci est remarquable à Sabouna en 1985 : l'accroissement du tallage observé sur le labour n'a pas entraîné une augmentation du nombre d'épis pleins. Les conditions hydriques étant défavorables en fin de cycle et peu modifiées par le travail du sol, les variations du PG/EP sont faibles.

2.4 - Discussion

Les résultats de l'essai-travail du sol-économie de l'eau - mené à Ziga et à Sabouna confirment ceux obtenus dans d'autres localités de la zone soudano-sahélienne. CHARREAU et NICOU (1971) ont mis en évidence un effet du labour sur le rendement du mil, compris en moyenne entre + 23 % (Sénégal-Bambey, Mauritanie-Kaedi) et + 57 % (Niger-Tarna) par rapport au témoin semé directement. Ces résultats ont tous été obtenus sur sols sableux à très sableux.

Outre l'intérêt du labour, les essais entrepris au Yatenga montrent l'efficaci-

té des autres techniques permettant une meilleure infiltration de l'eau et donc une limitation du ruissellement (binage, scarifiage et buttage cloisonné). On peut distinguer deux mécanismes d'action du travail du sol :

- l'amélioration de la croissance du mil en début de cycle (plus particulièrement l'augmentation du tallage qui détermine le nombre d'épis potentiel) et l'accroissement du volume de sol colonisé par les racines. Ces effets sont caractéristiques des techniques de préparation du sol avant semis comme le labour ;
- l'amélioration du stockage de l'eau dans le sol. Si les réserves hydriques dans le sol sont importantes et le système racinaire bien développé, la culture peut plus facilement supporter les stress hydriques durant la phase sensible (floraison) et finir son cycle jusqu'à la maturation (nombre d'épis pleins et poids de grain par épi élevés car peu d'échaudage). Ce stock d'eau se constitue, principalement, à partir des pluies de juillet et août. Les techniques favorisant l'infiltration de l'eau et surtout réduisant le ruissellement, permettraient d'améliorer ce stockage : les buttages cloisonnés, le binage et dans une moindre mesure le labour et le scarifiage (l'effet du labour sur le ruissellement est assez fugace et ne dépasse pas 30 à 40 jours, ROOSE, 1981).

Les effets de ces mécanismes et donc la réponse du mil au travail du sol varient avec les conditions pluviométriques. En année très déficitaire, l'alimentation en eau du mil est très limitée ($ETR/ETM < 0,5$) et aucun travail du sol ne peut l'améliorer (rendement nul ou très faible quels que soient les traitements). En année favorable, la contrainte hydrique se résume à quelques stress hydriques peu marqués principalement en fin de cycle. Le travail du sol a surtout comme effet d'améliorer la croissance du mil et plus particulièrement le tallage ; le gain de rendement par rapport au semis direct est limité (en valeur relative + 30 %). C'est principalement dans la situation intermédiaire - année globalement déficitaire, caractérisée par une mauvaise répartition des pluies - que le travail du sol en favorisant le stockage de l'eau a un effet très net sur l'élaboration du rendement. Il constitue donc une technique qui peut réduire les effets des aléas climatiques et par conséquent la variabilité interannuelle de la production tout en augmentant les rendements.

Les résultats de l'essai travail du sol font ressortir l'importance de la phase d'installation du mil. L'agriculteur aura donc tout intérêt à la favoriser en préparant le sol avant le semis, s'il a les moyens et le temps nécessaire.

Nous n'avons pas observé d'effet dépressif du travail du sol qui en favorisant la croissance, le tallage, le poids de paille⁽¹⁾ (annexe 26) et donc les besoins en eau pourrait augmenter les risques d'échaudage. Au pire, en cas de fort déficit hydrique (Sabouna 1985, ou sur terrain sableux) le gain de rendement dû au travail du sol est limité voire nul.

(1) Le travail du sol entraîne dans tous les cas une augmentation du poids de paille sous-produit qui peut être valorisé par les troupeaux.

Tableau 24: Les tests travail du sol : description des dispositifs expérimentaux.

Type d'expérimentation	Traitements	Localisation	Année	Nombre de test (= répétitions)	Taille des parcelles unitaires	Contrainte climatique
Test buttage cloisonné culture manuelle	-Semis direct -Semis direct + buttage manuel cloisonné au 1 ^{er} sarclage	Sahouna Ziga	1985 1985	15 5	10 m x 6,4 m	Fort Moyenne
Test Travail du sol en culture attelée	-Semis direct -Labour à plat -Labour en billons*, cloisonnés un mois après la levée	Ziga Boukéré	1985 1985	5 5	20 m x 15 m	Moyenne
Test binages répétés culture attelée	- Semis direct (ou scarifiage) -Semis direct (ou scarifiage) + 2 binages** mécaniques	Sahouna Ziga Boukéré	1986 1986 1986	3 7 3	50 m x 15 m	Faible Moyenne Faible

* Labour en billon comme le labour à plat réalisé avec une charrue ; ** Binage réalisé avec une houe manga.

3 - LES TESTS DE TECHNIQUES DE TRAVAIL DU SOL EN MILIEU PAYSAN

3.1 - De l'expérimentation au test en milieu paysan

Les premiers résultats obtenus en expérimentation de 1982 à 1984 nous permettaient de proposer aux paysans de tester quelques techniques de travail du sol ou d'entretien des cultures dès 1985. Suite à l'année de sécheresse 1984, les possibilités de travailler en culture attelée s'étaient considérablement réduites surtout à Sabouna, d'où l'idée de travailler aussi avec les paysans cultivant manuellement, situation majoritaire au Yatenga.

Le nombre de jours disponibles pour la préparation des terres avant le semis étant limité, nous avons préféré mettre l'accent sur les techniques de travail du sol réalisées au cours du cycle cultural : le buttage cloisonné et le binage (répété). L'autre objectif de ces tests était de montrer l'intérêt et le maniement des outils de sarco-binage (houe-manga) aux paysans qui n'en possédaient pas, le matériel leur était prêté.

Les protocoles des tests ont été discutés avec les paysans qui ont modifié nos propositions (cf infra.). Les agriculteurs choisissaient eux-mêmes les sites d'expérimentation sur leur parcelle, ceci nous a permis de discuter des effets des techniques de travail du sol en fonction des types de terrain.

3.2 - Dispositif expérimental

L'entretien des cultures (1^{er} et 2^e sarclages) est réalisé manuellement - grattage superficiel à la daba - sur tous les traitements. Les binages⁽¹⁾ s'intercalent avant et après le premier et le second sarclages⁽²⁾ après qu'une grosse pluie ait battu le sol. Les travaux du sol sont réalisés perpendiculairement à la pente et au ruissellement. Tous les résultats exposés ici concernent le mil. Il n'y a jamais eu apport de fumure organique ; de l'engrais a été quelquefois épandu uniformément sur toute la surface du test mais toujours à faible dose (< 25 kg/ha) [tableau 24].

Il est intéressant de souligner les modifications apportées par les paysans au protocole du test binages répétés qui comparait initialement deux traitements étudiés dans l'essai-travail du sol :

- labour à plat (+ 2 sarclages) ;
- scarifiage + 3 à 4 binages (après les grosses pluies) + (2 sarclages).

Les paysans ont souhaité pouvoir choisir avant de semer le mil, de travailler ou non le sol sur les deux traitements. La majorité ont préféré semer directement sans préparation du sol, quelques tests à Ziga ont été entièrement scarifiés. Trois à quatre binages en plus des deux sarclages leur paraissait excessifs (« pourquoi intervenir sur un terrain

(1) Le binage : opération culturale visant à ameublir l'horizon de surface. Dans notre cas la façon culturale est totalement mécanisée, à l'aide de la houe manga. Il n'y a pas d'intervention sur la ligne de semis.

(2) Le sarclage : grattage superficiel visant à éliminer les adventices. Il est nécessaire de sarcler manuellement sur la ligne de semis, l'interligne étant sarclé avec la houe manga ou manuellement.

Figure 35 : Variabilité des résultats du test billon cloisonné culture manuelle à Sabouna (32 répétitions)

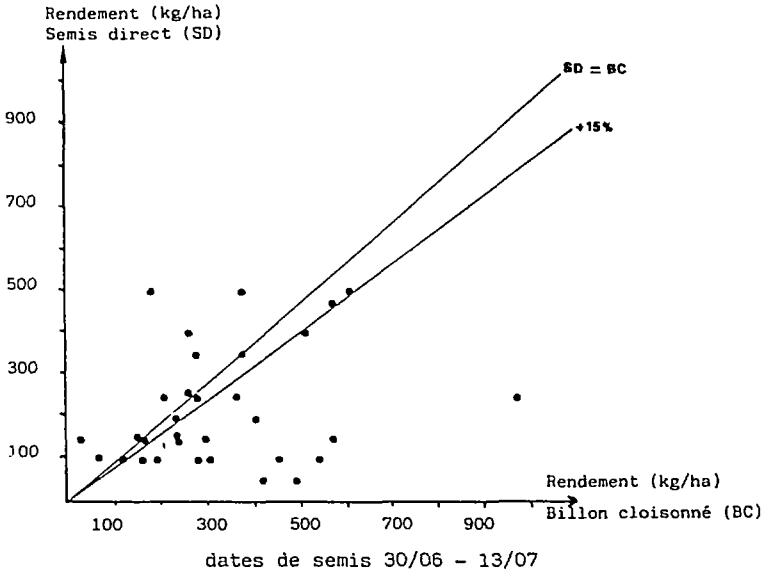
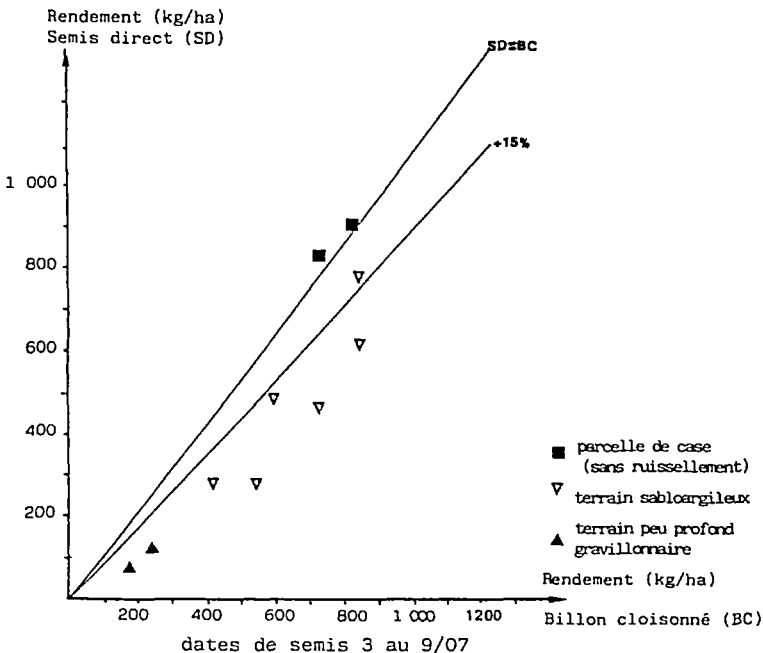


Figure 36 : Variabilité des résultats du test billon cloisonné culture manuelle à Ziga (10 répétitions).



sans mauvaise herbe »). Le premier binage a toujours été effectué entre les deux sarclages ; le second binage venant après le second sarclage, en septembre, n'a pas toujours été réalisé.

3.3 - Résultats

En culture manuelle, le buttage cloisonné réalisé à la place du sarclage à plat a un effet significatif sur le rendement (annexe 27^{bis}). La variabilité des résultats est élevée à Sabouna où la pluviométrie a été déficitaire (figure 35) et il est difficile d'expliquer ces différences en fonction du type de sol ou de la date de semis. Les effets de l'hétérogénéité du terrain sont exacerbés en année sèche : si un traitement quelqu'il soit est situé légèrement plus bas que l'autre dans une micro dépression il sera favorisé par un apport d'eau de ruissellement.

En revanche à Ziga où les conditions climatiques sont plus favorables les gains de rendement du au billonnage sont à peu près identiques d'un site à un autre (+ 35 % en moyenne) [figure 36]. Dans huit cas sur dix, le billonnage cloisonné a augmenté le poids de grains par épi et le rendement en grain (le nombre d'épis par mètre carré a peu varié, le billonnage intervenant un mois après la levée). Dans les deux autres cas, les rendements sont élevés quel que soit le traitement, du fait d'un apport annuel de matière organique (parcelle de case) et d'une absence de ruissellement qui explique que le billonnage cloisonné n'ait pas eu d'effet sur le rendement. Lorsque le terrain est gravillonnaire et peu profond, le rendement est limité (inférieur à 2,5 q/ha) malgré un billonnage soigné. Le gain de rendement dû à cette technique est élevé en valeur relative, mais l'augmentation physique, inférieure à 100 kg/ha, ne rentabilise pas le surcroît de travail. Le temps de travail est doublé voire triplé selon la qualité du billonnage par rapport au sarclage à plat. En revanche le gain de rendement est important (1,5 à 5 q/ha) pour les tests situés sur des terrains à fort ruissellement, moyennement profonds et de texture sablo-argileuse.

En culture attelée : dans tous les cas le travail du sol (labour à plat ou en billon, binage) augmente de façon significative le rendement en grain (tableaux 25 et 26). En moyenne celui-ci double lorsque l'on prépare le sol avant de semer, et il augmente de 25 à 35 % lorsque l'on réalise un ou deux binages en cours de végétation. L'effet des binages (travail superficiel sur 5 à 8 cm de sol) peut paraître élevé ; il met en jeu au moins deux mécanismes différents⁽¹⁾ : une amélioration de la pénétration de l'eau de pluie dans le sol et un meilleur contrôle de l'enherbement. A l'inverse des essais où les sarclages sont effectués régulièrement, les tests gérés entièrement par les paysans sont sarclés selon leurs disponibilités en temps. Le gain de rendement (en pourcentage par rapport au témoin non biné) est d'autant plus important que l'écart de temps, entre le semis et le sarclage, réalisés le même jour sur les deux traitements, est élevé (figure 37). Les paysans qui avaient sarclé tardivement ont pu grâce au premier binage (qui a toujours lieu après le premier sarclage) rattraper une situation limitée en début de cycle par un enherbement excessif. On sait que pour une parcelle très enherbée (sarclage tardif 40 à 50 jours après la levée), l'élimination

(1) La réduction de l'évaporation par destruction des capillaires par le binage serait selon différents auteurs assez limitée voire nulle (HENIN et al., 1969). En revanche il est probable que les binages répétés entraînant une destruction des racines superficielles pourraient augmenter le stock d'azote disponible dans l'horizon travaillé (HEBERT, 1960) deux hypothèses que nous n'avons pas étudiées.

Tableau 25: Résultats du test travail du sol en culture attelée.

Traitements et localisation	Rendement (kg/ha)	Poids de grain/épi (g)	Epis pleins/m ²	Poquets/m ²
Ziga				
-Semis direct	399	7,6	5,2	2,5
-Labour à plat	740	11,9	6,2	2,4
-Labour en billon + cloisonnement	922	12,8	7,2	2,5
Boukéré				
-Semis direct	470	9,2	5,1	1,8
-Labour à plat	778	12,7	6,1	2,0
-Labour en billon + cloisonnement	886	11,5	7,7	2,5

* Effet traitement significatif au seuil de 5 %.

Tableau 26: Résultats du test binage répété (trois villages confondus).

Traitements	Rendement (kg/ha)	Poids de grain/épi (g)	Epis pleins/m ²	Poquets/m ²
Semis direct (ou scarifiage)	456	15,0	3,0	1,41
Semis direct (ou scarifiage) + 1 ou 2 binages	631	16,9	3,7	1,56

* Effet traitement significatif au seuil de 5 %.

Figure 37 : Relation entre le gain de rendement dû au binage et la date du 1er sarclage

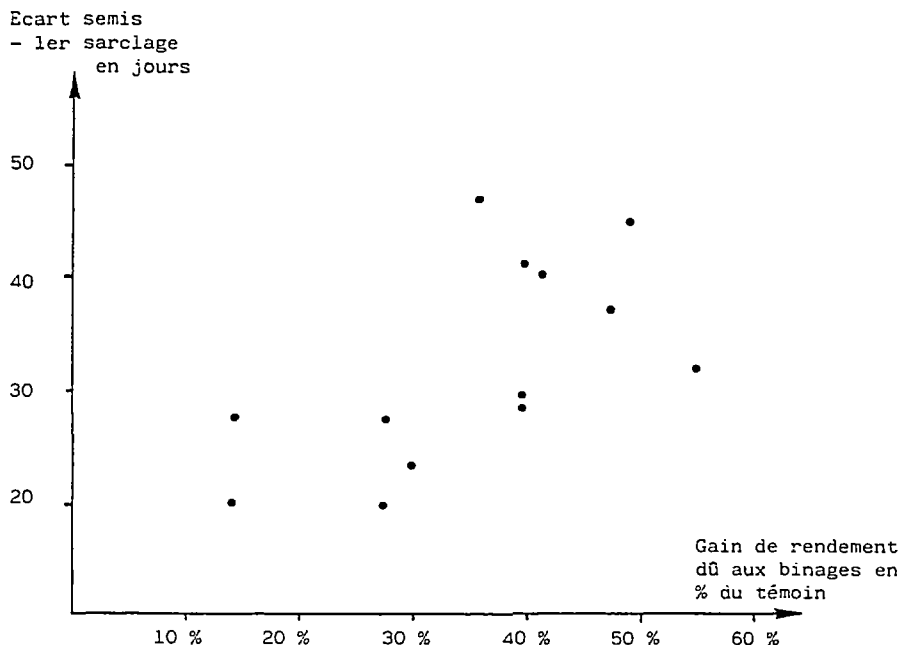
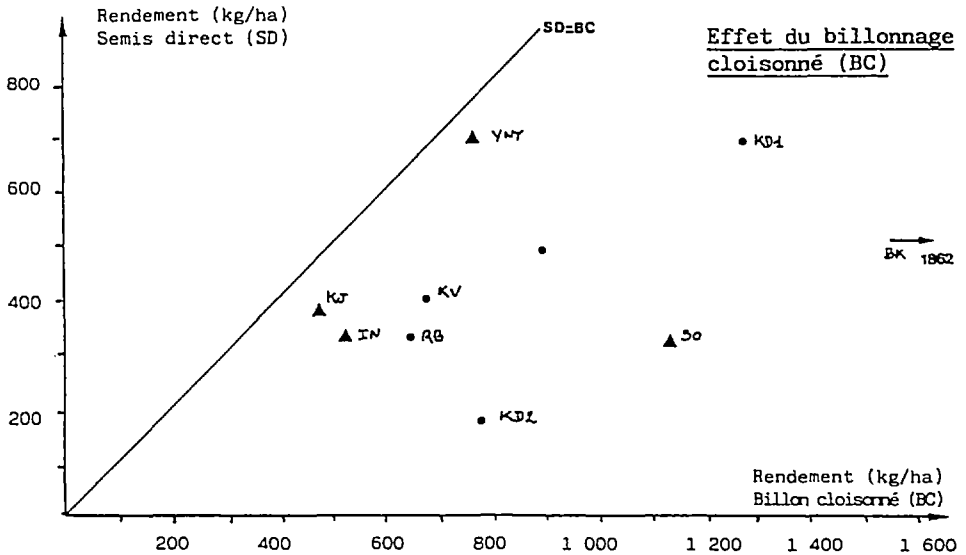
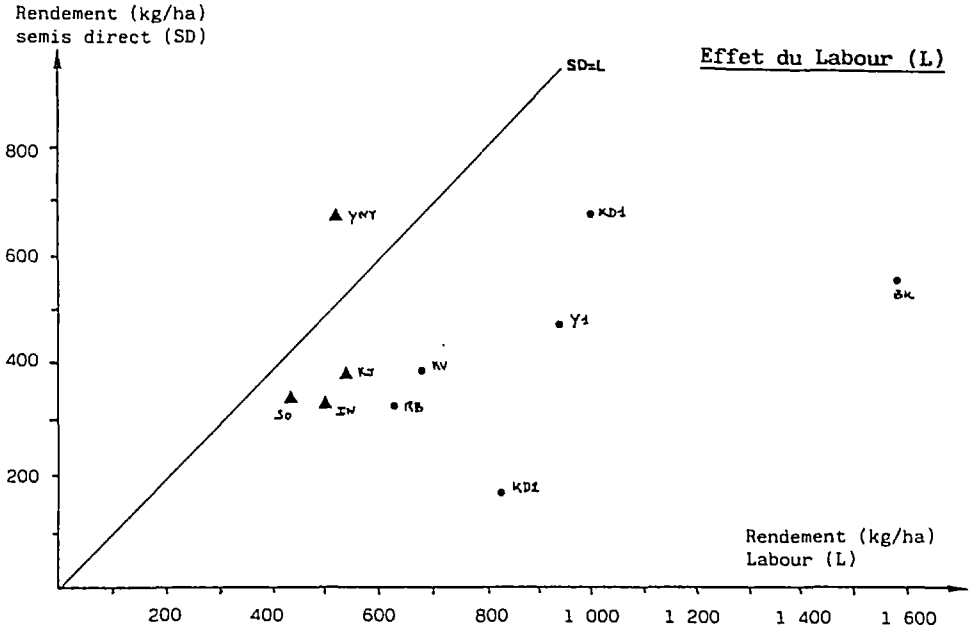


Figure 38 : Variabilité des résultats du test travail du sol en culture attelée



▲ test à Boukéré

• test à Ziga

totale des adventices au premier sarclage est difficile surtout en milieu de saison de culture : reprise de végétation après une pluie puis enherbement très rapide et important. Le passage d'un outil de sarco-binage 10 à 15 jours après le premier sarclage élimine les repousses de mauvaises herbes. Ceci peut expliquer l'effet relativement important du binage.

Pour les deux tests l'augmentation de rendement est liée à l'accroissement du nombre d'épis récoltés (surtout pour les labours) et du poids de grain par épi (annexes 27 et 28). Il n'y a pas de phénomène de compensation entre le nombre d'épis pleins et le poids de grain par épi qui varient dans le même sens. En fait le nombre d'épis par poquet est relativement faible (< 3 dans tous les cas) ce qui a priori limite le rendement mais pas le remplissage des épis. D'autre part à Boukéré le billonnage a augmenté la densité de semis et donc le nombre des poquets récoltés par mètre carré (différence significative par rapport au labour, $+ 27\%$). Ceci provient du fait que l'écartement des billons réalisés à la charrue est inférieur à 0,80 m, écartement habituel des lignes de semis. A noter que la densité de semis du mil est plus élevée à Ziga que dans les autres villages (2 à 2,5 poquets récoltés par mètre carré) et supérieure aux normes préconisées (1,6 poquets/m²). Cette différence que l'on observera pour la plupart des tests correspond peut-être à une adaptation à un environnement peu fertile en général.

Quelles que soient les situations (13 répétitions seulement), le gain de rendement obtenu par un ou deux binages est à peu près constant ($+ 20\%$ à $+ 30\%$). Pour le test billonnage cloisonné l'analyse des résultats parcelle par parcelle fait ressortir un effet terrain marqué: le gain de rendement obtenu par les deux types de travail du sol est faible (< 180 kg/ha) pour les parcelles-tests situées sur des terrains peu profonds ($< 0,50$ m), sablo-argileux à forte teneur en gravillon (figure 38).

3.4 - Discussion

Le travail du sol a un effet important sur le rendement du mil sauf dans les terrains peu profonds, très filtrants et à faible réserve hydrique (sol gravillonnaire ou sablo-gravillonnaire). L'effet d'une technique est d'autant plus marqué qu'elle combine une amélioration de la structure du sol et de l'infiltration de l'eau, et une réduction du ruissellement : le labour à plat ou en billon cloisonné.

Les techniques nécessitent la traction animale, les paysans ont considéré après une seule année d'expérimentation que le billonnage n'était pas réalisable manuellement sur de grandes surfaces ($> 0,1$ ha). De plus pour qu'il ait un effet appréciable, il doit être réalisé 30 jours après la levée au moment du premier sarclage. Le temps de travail au second sarclage, devant éliminer les adventices mais aussi entretenir ces billons, est lui aussi considérablement augmenté. Cette remarque rejoint celle de MARCHAL (1983) qui a montré que les paysans Fulsé ont presque tous abandonné la pratique traditionnelle du sarclage en butte⁽¹⁾ lorsque la surface cultivée par actif a augmenté (de 0,6 ha/actif à 1 ha/actif en moyenne).

(1) En fait le sarclage en butte (qui s'oppose au sarclage à plat : le terrain restant plat) correspond à un débutage réalisé au moment du premier sarclage, qui consiste à prendre la terre autour du poquet pour constituer une butte à la périphérie en enfouissant les adventices. Le second sarclage peut entretenir ce relief ou plus rarement ramener la terre au pied des plantes de mil (il s'agit alors d'un buttage). Après une saison sèche les buttes sont très émoussées et le semis s'effectue de façon aléatoire sur ou en périphérie des buttes.

Les possibilités techniques offertes par la traction animale nous semblent plus facilement réalisables par les paysans. Sans entrer dans une évaluation globale de la culture attelée, on peut souligner ici les contraintes à la mise en œuvre des techniques expérimentées : outre le faible nombre de jours disponibles pour travailler le sol avant les semis, les paysans ont rencontré des difficultés pour la confection des billons et leur cloisonnement manuel⁽¹⁾ augmente le temps de travail, à une période déjà surchargée. L'apparition récente de périodes sèches de longue durée (10 à 15 jours) en cours de saison de culture est aussi un facteur limitant : les binages et les sarclages mécaniques (ainsi que la confection de billons) nécessitent un horizon de surface (0-15 cm) meuble et humide. En revanche le sarclage manuel à plat peut s'effectuer sur un terrain sec (le travail est dans ce cas beaucoup plus pénible). Malgré les effets positifs des binages, les paysans ont jugé qu'il était excessif de travailler le sol une ou deux fois entre les sarclages, sur un terrain peu enherbé. Ils considèrent qu'un sarclo-binage en début de cycle est nécessaire au bon développement de la plante même si'il y a peu d'adventices (aération du sol, amélioration de l'infiltration, démariage...). En revanche en cours et en fin de cycle les opérations d'entretien des cultures sont surtout associées à la notion d'élimination des mauvaises herbes.

Ces résultats en milieu paysan nous ont permis d'entrevoir la variabilité des effets du travail du sol par rapport aux types de terrain. Notre dispositif limité dans le temps (une seule année d'expérimentation par test, pas d'évaluation des arrière-effets) et dans l'espace (nombre de répétitions insuffisant) devra être complété par la suite afin d'aboutir à des références et des recommandations plus précises.

(1) Il existe un prototype de billonneuse cloisonneuse à traction bovine réalisé par l'IITA (Institute of Tropical Agriculture). Cet outil ne cours d'expérimentation réalise simultanément les deux opérations

Tableau 27: Grille d'analyse des techniques de travail du sol vulgarisables.

Technique du travail du sol en traction animale	Demande en main-d'œuvre	Variabilité de la réponse/terrain	Efficacité globale
Labour à plat	Fort à une période de pointe (semis-début sarclage) et sur quelques jours par an	Moyenne dépend de la battance du sol	Moyenne, bonne réponse en année sèche mais surface limitée
Scarifiage	Moyenne, possibilité de travailler en sol peu humide et avec un âne	Idem	Moyenne
Buttage au mois d'août	Moyenne si pas de période sèche en août	A préciser en fonction de la pente	Moyenne à faible sauf si arrière-effet l'année suivante. Possibilité d'accroître le ruissellement si travaux mal réalisés
Buttage cloisonné un mois après la levée (précédé d'un scarifiage ou d'un labour)	Très forte à une période de pointe (1 ^{er} sarclage) mais peut être étalée sur plusieurs jours, nécessite de mécaniser cette opération	Fort selon la texture du sol et la pente	Fort en zone de ruissellement et texture sablo-argileuse + arrière-effet l'année suivante limité à de petites surfaces
Binages répétés en cours de cycle	Moyenne, travail rapide et superficiel	Moyenne	Moyenne lorsque l'enherbement est peu important Fort sinon
Travail du sol en sec avant semis (voir annexe 23)	Faible travail étalé sur toute la saison sèche mais besoin en force de traction élevé	A définir, à priori réponse plus forte en sol compacté	A définir

CONCLUSION

Du point de vue agronomique

Le travail du sol quelque'il soit, qu'il intervienne avant semis ou durant le premier mois de végétation augmente, de façon significative le rendement du mil si un seuil minimal d'alimentation hydrique de la plante est atteint. Réalisé avant le semis, il a un effet important sur la phase d'installation et de tallage du mil qui réagit rapidement dès la levée. Par ailleurs on a pu mettre en évidence l'importance des façons superficielles (binage, buttage...) qui améliorent l'infiltration de l'eau dans le sol et peuvent être réalisées mécaniquement assez rapidement.

Les deux sources de variation de la réponse du mil aux techniques de travail du sol sont le type de terrain et le climat. On a pu ainsi mettre en évidence le peu d'intérêt du travail du sol en terrain peu profond gravillonnaire et inversement un effet constant et significatif en terrain sablo-argileux battant à fort ruissellement. Il serait nécessaire de mieux préciser ces résultats pour les terrains sableux où à priori la réponse du mil au travail du sol est plus limitée. Ces techniques permettent par ailleurs de réduire les effets des aléas climatiques. En année à pluviométrie déficitaire la réponse au travail du sol est plus importante (en valeur relative) qu'en année où le déficit hydrique est nul ou faible.

Du point de vue des possibilités de diffusion et d'adoption de ces techniques par les producteurs

La diffusion du travail du sol nécessite le développement de la culture attelée. Le travail du sol manuel ne peut concerner que de petites surfaces. Dans l'état actuel des connaissances il est possible de proposer une grille d'analyse des techniques vulgarisables en fonction des types de terrain et de la demande en main-d'œuvre (tableau 27).

Les agriculteurs qui ont mené ces tests s'intéressent principalement aux techniques de travail du sol qui s'intègrent facilement à leurs stratégies de conduite des cultures évoquées précédemment :

- semer précocement ce qui implique de travailler rapidement le sol avant semis (scarifiage en humide à Ziga) ;
- cultiver de grandes surfaces donc maîtriser l'enherbement, d'où l'intérêt porté au sarclo-binage et au matériel qui lui est associé.

Les techniques demandant un temps de travail important ne sont pas ou peu diffusées ou réservées à des situations particulières : le labour de petits champs d'arachide ou de parcelles très enherbées qu'il faut travailler avant le semis.

Face à ces choix stratégiques et aux contraintes climatiques (répartition irrégulière des pluies en juin), des alternatives techniques sont envisageables en particulier le travail du sol en sec effectué avec des dents rigides et en traction bovine (annexe 29). Cette intervention peut être réalisée durant les derniers mois de saison sèche, période où le temps de travail n'est pas limitant. Les effets attendus d'un tel travail sont triples :

- favoriser la pénétration des premières pluies dans le sol ce qui peut permettre de semer précocément ;
- matérialiser les lignes de semis avant les pluies ce qui permettra d'effectuer un semis en ligne rapidement ;
- améliorer le développement de la culture en début de cycle, souvent soumise en cas de semis précoce à des périodes sèches.

Par ailleurs, le travail du sol pourrait aussi être intéressant pour les systèmes de culture de bas-fond ; réalisé sur les premières pluies (les glakis sont alors peu humidifiés) il permettrait de mieux contrôler l'enherbement par la suite et donc de réduire le temps de sarclage dans ce type de terrain (DUGUÉ, 1982-1987).

Les tests nous ont permis d'appréhender les difficultés de mise en œuvre des techniques de travail du sol par les paysans. La poursuite des expérimentations pouvait permettre la mise au point de techniques plus facilement vulgarisables : mais le problème majeur semblait plutôt d'étudier et de préciser avec les agriculteurs la place et les possibilités techniques réellement offertes par la culture attelée, ce qui sera étudié dans la cinquième partie.

CHAPITRE III

AMELIORATION DE LA FERTILITE DES SOLS ET DE L'ALIMENTATION MINERALE DU MIL

1 - INTERETS DE LA FERTILISATION :

LES POINTS DE VUE DE L'AGRONOME ET DES PAYSANS

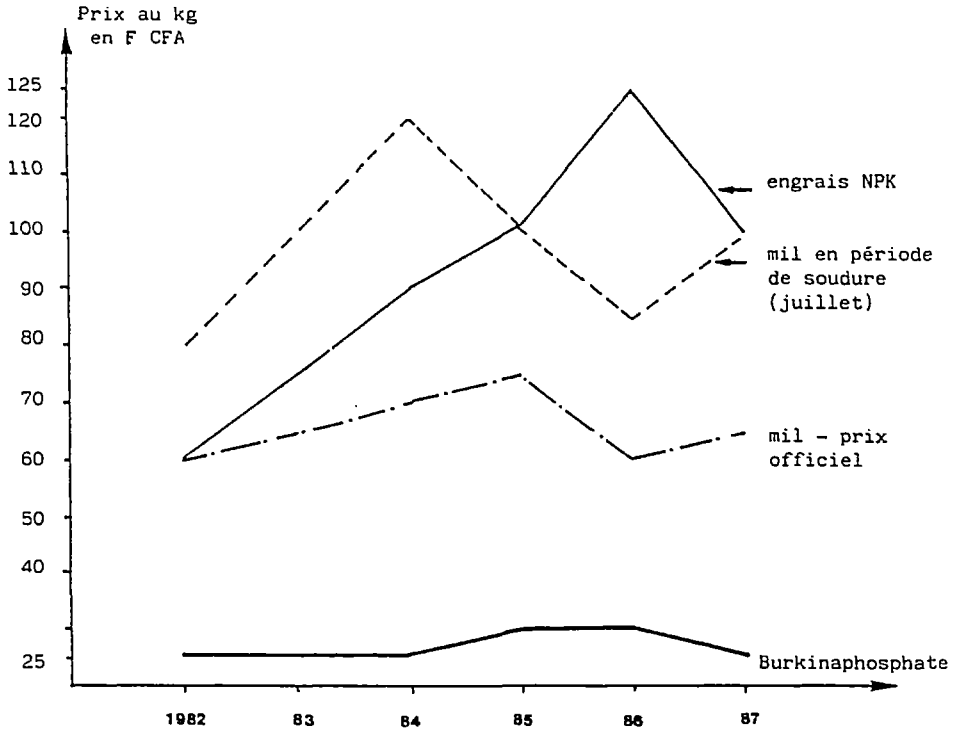
L'augmentation des surfaces cultivées, la réduction des jachères et la faible utilisation des fumures sont les causes majeures de la baisse de fertilité chimique et physique (dégradation de l'horizon de surface) des sols du Yatenga. Certaines parcelles sont cultivées en mil de façon permanente depuis plus de 20 ans sans aucun apport de fumure. Face à ce constat est-il possible de restaurer ou d'améliorer la fertilité des sols ? Dans cette perspective nous avons expérimenté différentes techniques de régénération des sols et étudié l'efficacité d'apport organiques et minéraux dans des conditions pluviométriques aléatoires et déficitaires.

Les effets des fumures sur la fertilité des sols et le peuplement végétal cultivé sont bien connus (PIERI, 1984). Les apports de fertilisants compensent tout ou partie des exportations minérales des plantes, et un apport régulier de fumure organique (5 t/ha/2 ans) permet de maintenir le taux de matière organique des sols (PICHOT et al., 1981). En revanche l'interaction entre l'alimentation hydrique et l'alimentation minérale du mil a été peu étudiée. L'apport de fertilisant va-t-il améliorer l'efficacité de l'eau ou la diminuer ?

Certains auteurs soulignent l'effet tampon de la fertilisation en cas de stress hydrique du fait d'un meilleur enracinement de la culture : la fumure organique (fumier utilisé à 10 t/ha/an) aurait un effet important sur l'enracinement du mil dans l'horizon 0-50 cm mais ne modifierait pas les propriétés de transfert et de rétention en eau du sol (CISSE, 1986). PIERI (1982) a montré par ailleurs qu'un apport de fumure potassique favorisant la vigueur du mil en début de cycle, permet de réduire de moitié la variabilité interannuelle des rendements de mil en culture intensive au Sénégal (pluie utile moyenne 452 mm période de 1973-1977). Inversement, dans certaines conditions, d'autres travaux ont pu mettre en évidence un effet nul ou dépressif des engrais :

- la fumure azotée apportée au semis favorise le tallage utile du mil, (diminution de la régression de talles) mais pas la vigueur végétative ni le système racinaire. Lorsque les conditions d'alimentation hydrique sont limitantes en fin de cycle la culture ayant reçu cette fumure est défavorisée (SIBAND, 1981) ;
- lorsque les techniques culturales associées à la fertilisation ne permettent pas d'assurer une alimentation en eau des cultures satisfaisante (l'engrais épandu en surface non enfoui favorise l'enracinement superficiel du maïs, CHOPART, 1975).

Figure 39 : Variations du prix des engrais et des céréales



Cette discussion est complexe car elle met en jeu différents mécanismes. L'interaction entre la fertilisation et l'amélioration de l'alimentation hydrique des cultures dépend de deux facteurs : l'importance et la répartition des stress hydriques supportés par la culture (stress de courte ou longue durée, durant la période végétative ou de floraison), et le type de fumure (engrais simple azoté ou phosphaté ou ternaire-NPK, fumure organique...). La fertilisation azotée favorise le développement végétatif de la plante (tallage, croissance, augmentation de la biomasse), alors que le phosphore et la potasse agissent principalement sur les mécanismes de la reproduction (floraison-maturation) et sur la phase d'installation de la culture (levée - début de tallage). Il existe par ailleurs des interactions entre la fumure minérale azotée et la fumure organique qui améliorent l'efficacité de l'azote de l'engrais (GANRY, 1975).

Les paysans du Yatenga, consommateurs d'engrais depuis une vingtaine d'années⁽¹⁾ ont pu apprécier les effets des fumures en général et plus particulièrement les années à pluviométrie déficitaire. Certains paysans qui n'achètent plus d'engrais nous ont expliqué que la fumure NPK et la poudrette⁽²⁾ peuvent « brûler » les plantes en cas de sécheresse importante. Pourtant d'autres ont continué à employer même durant les années sèches (1982-1985) les engrais et la fumure organique (fertilisant très recherché et très utilisé dans le village de Ziga). Dans la plupart des villages on assiste depuis 1984 à une réduction de la demande en engrais due à la conjonction de deux facteurs :

- l'augmentation du prix des engrais et surtout du rapport prix de l'engrais/prix du mil (figure 39). Les agriculteurs, devant acheter pour la plupart des céréales, n'ont pas les moyens d'acheter des engrais ;
- le renforcement des aléas pluviométriques qui augmentent les risques de non rentabilité de l'investissement en engrais.

Dans le cadre de notre étude sur les possibilités d'intensification des cultures vivrières, il apparaît important d'essayer de clarifier objectivement ce débat :

- quels sont les effets des engrais et de la fumure organique sur la culture de mil en cas de pluviométrie déficitaire ?
- la fumure organique peut-elle remplacer totalement la fumure minérale et quels sont ses effets spécifiques ?

L'utilisation de la fumure minérale implique un investissement monétaire de la part des paysans, qu'ils souhaitent rentabiliser le mieux possible. Nous précisons, à partir des résultats d'expérimentation, les conditions de cette rentabilité ; ceci nous a amené à privilégier l'analyse de la variabilité des effets des engrais sur les rendements en fonction du climat, du type de terrain au détriment de l'étude des relations entre la fertilisation, l'état du milieu (plus particulièrement l'évolution de la fertilité du sol) et le peuplement végétal.

(1) Principalement d'engrais NPK (14-23-14) appelé engrais coton car il est importé pour cette culture.

(2) Poudrette : fumure organique constituée uniquement des déjections animales desséchées.

Tableau 27: Les essais - Amélioration de la fertilité des sols et fertilisation du mil : dispositifs expérimentaux.

Essais	Objectifs	Localisation	Années	Type de terrain
Fumure vulgarisable	Comparer types de fumure minérale en cours de vulgarisation	Ziga	1983 à 1984 arrière-effet	Sablo-argileux dans une dépression (apport d'eau de ruissellement)
Phosphate + urée	Comparer les effets de différents types de fumure phosphatée associés ou non avec de l'urée	Sabouna Ziga	1985 à 1987 1985 à 1987	Sablo-argileux Sablo-argileux, bas de pente, excès d'eau possible
Matière organique	Comparer différentes formes de matière organique (dose unique 5 t/ha) associées ou non avec l'engrais NPK	Sabouna Ziga	1983 à 1986 + arrière-effet en 1987 1986-1987	Sablo-argileux battant se dessèche rapidement Sablo-argileux
Régénération de sol	Comparer 2 itinéraires techniques visant à régénérer des sols dégradés (« Zippellé ») utilisation séparée ou combinée du travail du sol et de la fumure organique	Sabouna Ziga	1985-1986 1985-1986	Sol argilo-sableux, décapé, profond (« Zippellé ») Sol argilo-gravillonnaire, décapé, peu profond

Tableau 28 : Les traitements de l'essai fumures vulgarisables.

Traitements	Dose de fumure annuelle	Justification
Témoin sans engrais	-	Situation la plus courante chez les paysans
Témoin + urée	50 kg/ha	-
Burkinaphosphate (BP) + urée	400 kg/ha de burkinaphosphate** la 1ère année, 100 kg/ha les années suivantes + 50 kg/ha urée	Fumure prévulgarisée
Engrais NPK + urée	100 kg/ha d'engrais NPK + 50 kg/ha d'urée	Fumure vulgarisée (conseillée)

Tableau 29 : Les traitements de l'essai phosphate + urée.

Traitements = facteurs 1 (phosphore)***	Dose de fumure annuelle (facteur 1)	Facteur 2 (azote)	Justification
Témoin sans engrais	-	Avec ou sans urée (50 kg/ha)	(idem)
Phosphate supertriple	50 kg/ha = 23 unités de P ₂ O ₅	*	Phosphate soluble* mais pas commercialisé au Yatenga
Burkinaphosphate acidulé (Timac)	23 unités de P ₂ O ₅	*	Produit en cours d'expérimentation : amélioration de la solubilisation du phosphate
Burkinaphosphate acidulé à 30 % (IFDC)	23 unités de P ₂ O ₅	*	
Burkinaphosphate (BP)	400 kg/ha 1ère année** + 100 kg/ha ensuite (25 unités de P ₂ O ₅)	*	Fumure prévulgarisée
Engrais NPK	100 kg/ha (14 N + 23 unités P ₂ O ₅ + 14 K ₂ O)	*	Fumure vulgarisée

* Teneurs en éléments minéraux des engrais utilisés : NPK (14-23-14), phosphate supertriple (0-46-0), burkinaphosphate (0-25-0 + CaO 10 %), urée (46-0-0).

** Recommandation des services de vulgarisation en ce qui concerne les doses de burkinaphosphate. L'apport d'une grande quantité de phosphate naturel la première année permet, tout en constituant une fumure de fond, d'apporter assez rapidement à la plante du phosphore assimilable, s'il se solubilise rapidement, ce qui n'est pas toujours le cas.

*** Les différents engrais phosphatés se distinguent par de leur degré de solubilisation dans l'eau et donc par leur capacité à fournir du phosphore aux cultures : burkinaphosphate très peu soluble, BP acidulé, solubilité intermédiaire supertriple totalement soluble.

Tableau 30 : Les traitements de l'essai matière organique.

Traitements = facteur 1 (fumure organique)	Dose annuelle (facteur 1)	Facteur 2 (fumure minérale)	Justification
Témoin sans fumure organique	-	avec ou sans engrais NPK (100 kg/ha)	(idem supra)
Compost	5 t/ha/an (matière sèche)	*	Fumure fabriquée en fosse, en cours de vulgarisation*
Fumier	* *	*	Fumure fabriquée en fosse, en cours de vulgarisation*
Poudrette	* *	*	Pratique paysanne
Paille de mil	* (75 % paille + 25 % poudrette)	*	-

* : La poudrette (ou terre de parc) correspond aux déjections des animaux (bovins, ovins, caprins) sans apport de litière.

Le compost aérobie fabriqué en fosse durant la saison des pluies (n°1) à partir d'un mélange (sorgho, herbe de jachère, mil, jachère) [75 %] et de poudrette (25 %) est utilisé la saison des pluies suivantes (n° 2).

Le fumier est fabriqué en fosse près des bâtiments d'élevage à partir des litières (pailles + déjections piétinées).

La paille brute est hachée, on y adjoint un peu de poudrette pour faciliter sa décomposition dans le sol.

Tableau 31 : Les traitements de l'essai régénération de sol*

Traitements**	Préparation du sol facteur 1	Fumure organique facteur 2	Justification
Travail « lourd »	Scarifiage croisé sur la 1ère pluie > 10 mm + labour (profond si possible) après une pluie de 20 mm	Avec ou sans apport de 5 t/ha/an de fumier	Travail du sol profond enfouissant la matière organique mais temps de travail important
Travail « léger »	Scarifiage sur la 1ère pluie de 20 mm		Travail superficiel et rapide

* Parcelle d'essai aménagée au préalable avec des cordons pierreux limitant le ruissellement.

** Semis de deux traitements le même jour. Apport de 100 kg/ha d'engrais NPK sur tous les traitements.

2 - LES ESSAIS D'AMELIORATION DE LA FERTILITE DES SOLS ET DE FERTILISATION DU MIL

Comme pour le travail du sol, nous présenterons dans un premier temps les résultats des essais puis les résultats des tests réalisés par les paysans.

2.1 - Objectifs

L'objectif des essais menés sur la fertilisation du mil était de mettre au point des références précises d'utilisation des produits facilement disponibles (engrais NPK, urée, burkinaphosphate, matière organique sous différentes formes). Cette mise au point devait prendre en compte les risques climatiques évoqués ci-dessus qui peuvent limiter la rentabilité économique des engrais. A ces travaux s'est ajoutée l'expérimentation de produits non disponibles actuellement au Yatenga (phosphate supertriple, phosphate naturel acidifié...).

Ces fertilisants peuvent aussi s'intégrer dans un processus de restauration de la fertilité physique et chimique de sols dégradés incultes qui comprend aussi le travail du sol⁽¹⁾. Dans cette situation la fumure organique enfouie dans les premiers centimètres de sol pourrait avoir un effet sur la structure du sol et son activité biologique. Les essais menés sur ce thème seront donc présentés dans ce chapitre. Il s'agit de travaux exploratoires qui n'ont pas encore fait l'objet de test en milieu paysan.

2.2 - Dispositif expérimental

Il comprend quatre types d'essai réalisés à Ziga et Sabouna sur des terrains de glaci^{bis} aux potentiels de production différents (tableau 27). L'essai de régénération de sol est situé dans les deux villages sur des terrains abandonnés par les paysans où aucune végétation ne poussait.

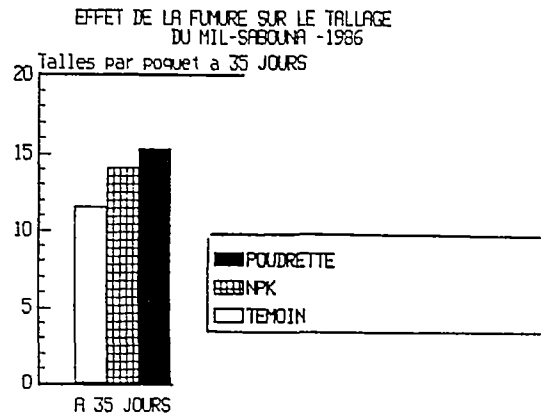
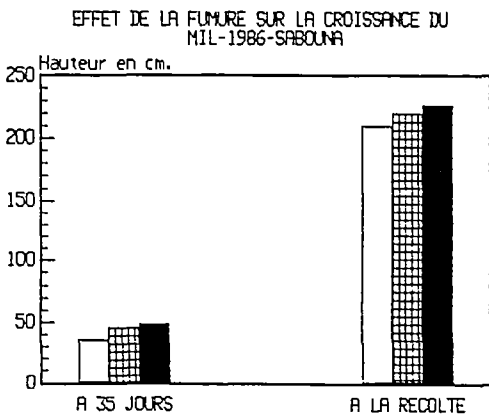
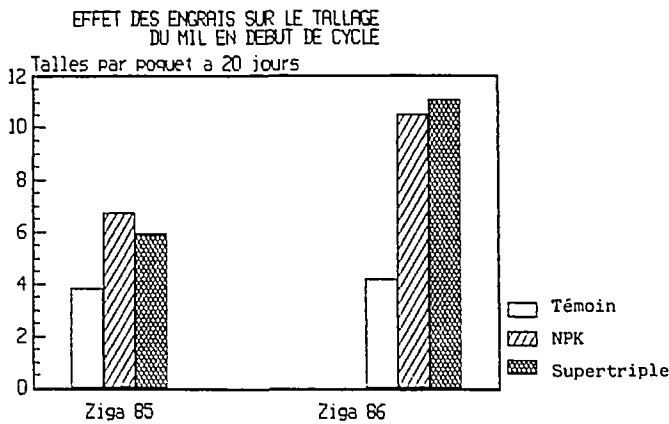
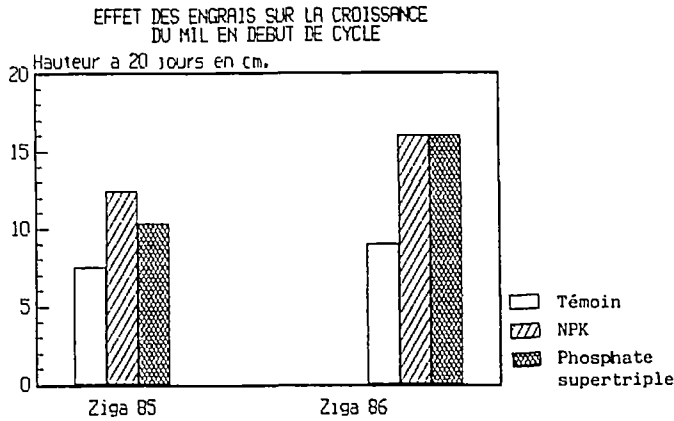
La fumure minérale et organique est dans tous les cas apportée au semis ou enfouie par le travail du sol, sauf l'urée apportée 30 jours après la levée. Pour l'essai régénération de sol, on a comparé une préparation du sol intensive (scarifiage + labour) à un scarifiage superficiel, les terrains des trois autres essais ont été labourés (traction bovine) chaque année. Le mil est la culture test dans presque toutes les situations mais quelque fois le sorgho (cycle précoce) a été utilisé. La taille des parcelles unitaires varie de 48 à 24 m². Les différents traitements des quatre essais sont présentés dans les tableaux 28 à 31.

2.3 - Méthode de calcul de la rentabilité des engrais

Du point de vue des paysans, la rentabilité de l'investissement en engrais est le critère déterminant. On peut estimer le taux de rentabilité par le rapport valeur du gain

(1) Des pratiques de régénération de sol dégradé existent en milieu paysan. Elles concernent de petites surfaces restaurées grâce aux techniques de travail manuel du sol en sec (« zay »), de paillage à partir de débris de paille, de graminées naturelles (Ziga), de branches d'arbres (*Piliostigma reticulata*) et plus récemment de lutte contre le ruissellement (cordons pierreux).

Figure 40 : Effets de différentes fumures sur la croissance et le tallage du mil



de céréale/coût de l'engrais (V/C). La valeur du gain correspond au surplus de rendement en kg dû à l'engrais multiplié par le prix du kg de céréale⁽¹⁾. Si le rapport V/C est inférieur à zéro le gain de rendement est négatif, l'engrais a eu un effet dépressif. Si V/C est compris entre zéro et un, le gain de rendement ne couvre pas le coût de l'engrais. Si V/C est supérieur à un, le paysan rentabilise son investissement.

Il a été retenu par les projets de démonstration d'engrais mis en œuvre par la FAO (organisation pour l'alimentation et l'agriculture) en Afrique de l'Ouest, que l'utilisation de l'engrais est vraiment attractive lorsque le rapport V/C devient supérieur à deux. Si ce résultat est constant on assiste généralement à une large utilisation de l'engrais par les producteurs.

Cette approche peut paraître sommaire car elle ne prend pas en compte l'évolution à long terme de la fertilité (PIERI et al., 1978). D'autre part les céréales sont peu commercialisées et leur prix sur les marchés varie du simple au double (de 50 à 100 FCFA/kg en moyenne) de la récolte jusqu'à la période de forte demande (juillet-août). Le prix de 65 FCFA/kg retenu ici correspond au prix officiel généralement pratiqué une bonne partie de l'année (février-juin).

Toutefois cette méthode de calcul est simple, elle a été retenue par le projet R-D pour la restitution des résultats des expérimentations aux paysans qui peuvent ainsi estimer les risques économiques qu'ils prennent en utilisant l'engrais.

2.4 - Résultats

2.4.1 - Effet de la fertilisation sur le développement de la culture

Les contrôles effectués sur les essais fertilisation se sont limités à des contrôles du développement végétatif (croissance, tallage, poids de paille) et à la mesure du rendement et de ses composantes. Nous ne disposons pas du suivi des teneurs en éléments minéraux du sol en fonction des traitements. De même aucune mesure sur les caractéristiques physiques des sols (densité apparente, porosité...) ayant reçu de la fumure organique n'a été entreprise. Nous analyserons donc uniquement les effets des différentes formes de fertilisation sur le développement du mil sans avoir les moyens de toujours expliciter les mécanismes.

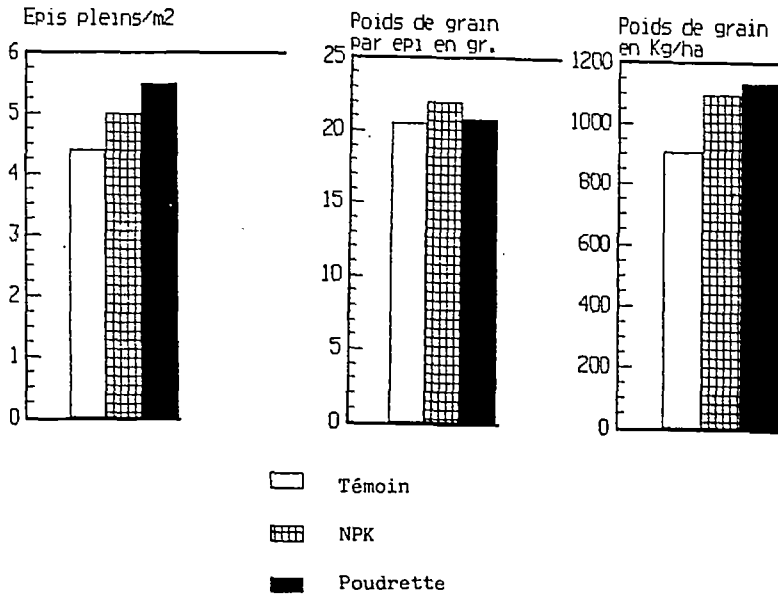
Quel que soit le type de fumure minérale ou organique⁽²⁾, la fertilisation appliquée au semis entraîne un accroissement du développement végétatif perceptible dès le vingtième jour après la levée sur la hauteur et le tallage (figure 40). Un apport d'engrais NPK a un effet comparable à celui de la poudrette et du phosphate supertriple, mais supérieur aux autres formes de matière organique ou de phosphore expérimentées. Du fait de

(1) Nous avons retenu le prix de 65 FCFA/kg de mil et de sorgho pour la période 1985-1987. Le prix de l'engrais NPK a légèrement varié : 125 FCFA en 1986 et 100 FCFA/kg en 1985 et 1987.

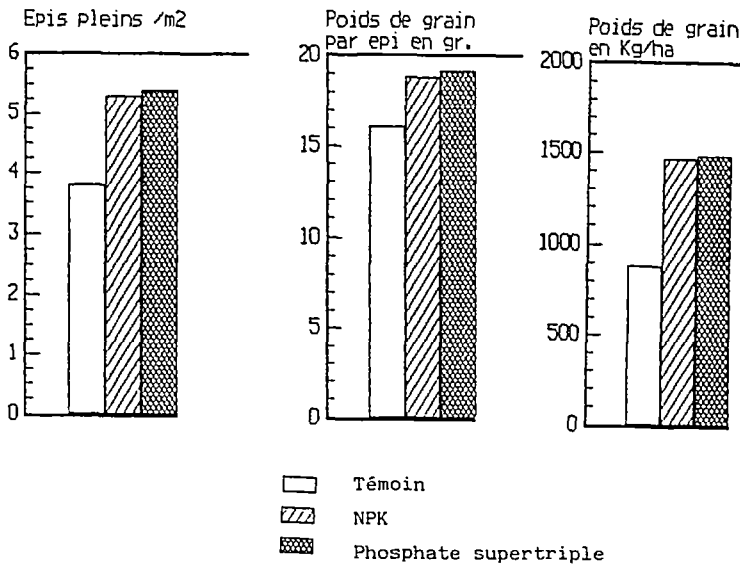
(2) Les résultats qui suivent proviennent principalement de la comparaison des traitements suivants : témoin, supertriple, engrais NPK (essais phosphate urée, Ziga et Sabouna) ; témoin, poudrette, engrais NPK (essai matière organique, Sabouna) [annexes 31 et 32].

Figure 41: Effet de la fertilisation sur les composantes du rendement du mil

a - Sabouna - Essai matière organique x NPK - 1986



b - Ziga - Essai phosphate x urée - 1985



la forte carence en phosphore des sols de ces essais (P assimilable Olsen < 15 ppm) un apport d'engrais phosphaté soluble, non combiné à un engrais azoté, a un effet sur le développement végétatif presque équivalent à celui d'un engrais complet NPK (apport de phosphore équivalent dans les deux cas).

Lorsque les conditions d'alimentation hydrique de la culture sont satisfaisantes, l'augmentation du tallage due à la fertilisation a pour conséquence logique l'accroissement du nombre d'épis récoltés. La fertilisation a par ailleurs un effet sur le remplissage des épis (augmentation du poids de grain par épi). Ces deux types d'effets sont dans la plupart des cas combinés et expliquent l'augmentation du rendement par la fertilisation (figure 41). Les mécanismes qui permettent d'expliquer ces effets sont complexes et nous ne pouvons émettre que des hypothèses :

- durant la 1^{re} moitié du cycle, l'apport de fumure minérale et organique permet à la plante de trouver les éléments minéraux nécessaires à sa croissance dans l'horizon du sol humecté et exploré à cette date par le système racinaire. Ceci est important pour l'azote et surtout le phosphore qui migre peu dans le sol, et qui doit donc se trouver à proximité des racines;
- durant la 2^e moitié du cycle cultural, la fumure permet d'accroître la quantité d'éléments nutritifs disponibles à une période où les besoins sont élevés (montaison-floraison) mais pourrait aussi stimuler l'enracinement de la plante (densité racinaire et/ou profondeur) et donc améliorer les conditions d'alimentation en eau de la culture. Nous ne disposons pas d'observations précises permettant de confirmer cette hypothèse.

En cas de déficit hydrique en fin de cycle, la fertilisation qui a augmenté la biomasse et donc les besoins en eau de la culture pourrait avoir un effet négatif sur l'élaboration du rendement s'il n'y a pas eu parallèlement accroissement du système racinaire. On peut observer un rapport poids de grain/poids de paille inférieur sur les traitements fertilisés (figure 42) preuve d'un certain déséquilibre, mais nous n'avons jamais noté dans ces essais d'effet dépressif de la fumure sur le rendement ; la production obtenue sur le témoin sans fumure est toujours inférieure ou égale à celles obtenues sur les traitements fertilisés.

Dans les paragraphes suivants nous limiterons l'analyse des effets des différentes fumures à l'augmentation du rendement.

Figure 42 : Fertilisation et variation du rapport grain / paille en année sèche.
(essai matière organique x NPK, Sabouna - 1985)

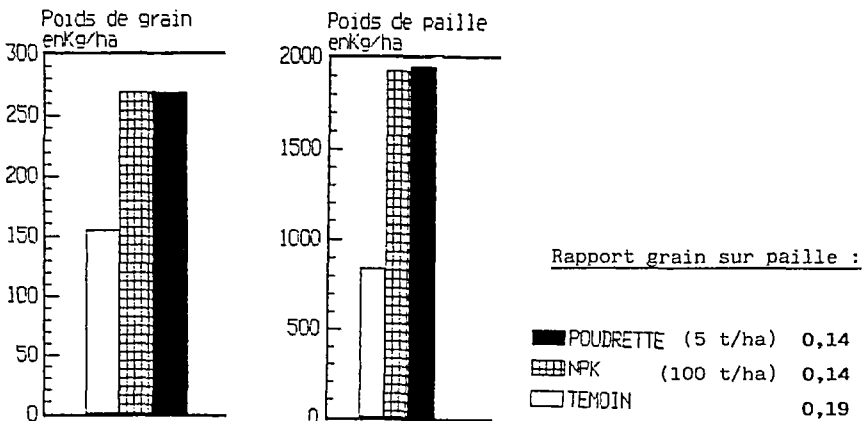
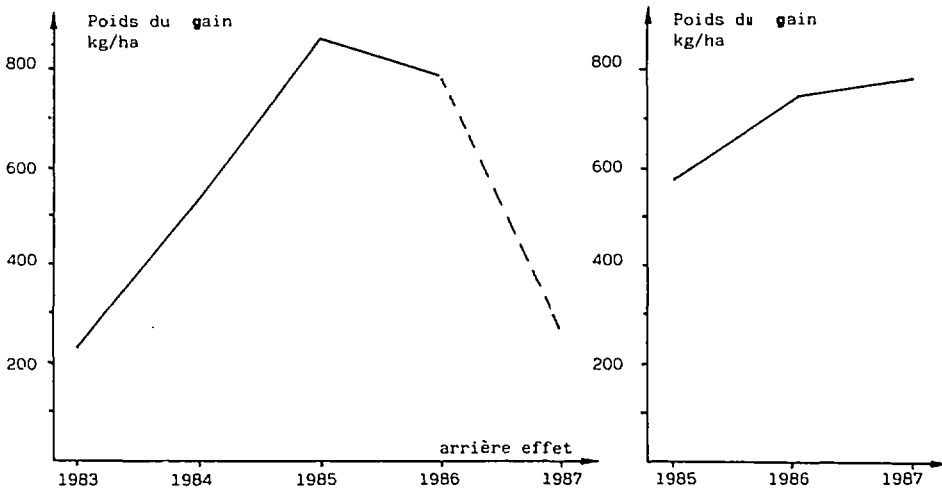
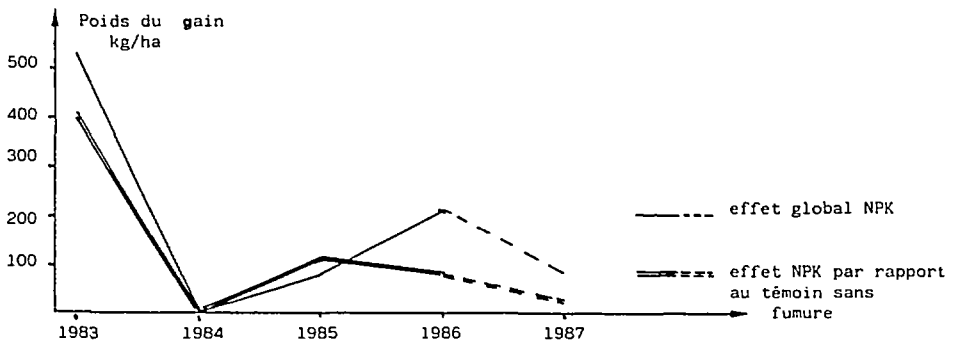


Figure 43 : Gain de rendement obtenu par la dose 100 kg/ha d'engrais NPK dans différentes situations

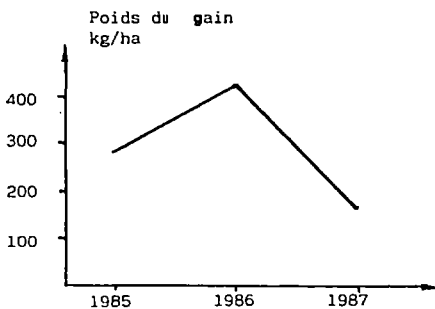
43. a - Ziga - Essai Fumure vulgarisable et Ziga - Essai Phosphate x urée



43. b - Sabouna - Essai Matière organique x NPK



43. c - Sabouna - Essai Phosphate x urée



2.4.2 - Effet d'un apport d'engrais NPK

Aucun essai n'a porté sur la dose optimale d'engrais NPK et sur les modalités d'application. On peut toutefois étudier pour les différents essais présentés ci-dessus, l'effet de la fumure NPK à la dose de 100 kg/ha (annexes 30 à 32).

On peut retenir trois situations différentes du point de vue des conditions édaphiques:

- à Ziga, sur terrain bien alimenté en eau et carencé en phosphore, la réponse à l'engrais NPK est très importante (figure 43a). Les gains de rendement pour le mil se situent entre 585 kg/ha et 860 kg/ha (+ 60 % à 411 %) et entraînent quelle que soit l'année (même en 1984) une rentabilité de l'engrais. Cet effet spectaculaire et constant s'explique d'une part, par une alimentation hydrique des plantes satisfaisante quels que soient les aléas pluviométriques observés, permise par l'aménagement des terrains d'expérimentation limitant le ruissellement, d'autre part par la faible fertilité chimique de ces terrains comme en témoigne l'évolution des rendements des témoins sans engrais (figure 44). De même l'arrière effet de l'apport de l'engrais NPK (mesuré sur l'essai fumure vulgarisable) est élevé (+ 270 kg/ha + 83 %) et permet d'augmenter la rentabilité globale de cette fumure ;
- la deuxième situation correspond à un terrain en cours de dégradation à Sabouna (fort ruissellement, sol battant, se desséchant vite en surface) [figure 43b]. L'effet de l'engrais NPK sur le rendement est en règle générale inférieur à ceux obtenus dans les situations précédentes et beaucoup plus variable en fonction des aléas pluviométriques (1984, 1985). Les gains de rendement varient de 0 à 540 kg/ha (+ 0 à + 82 %), trois années sur quatre l'engrais n'est pas rentabilisé. L'arrière-effet de l'engrais est négligeable (+ 4 %) ;
- enfin à Sabouna, en conditions intermédiaires et sur sol sablo-argileux non dégradé le gain de rendement dû à l'engrais NPK varie dans le même sens que le déficit hydrique: en année déficitaire le gain est plus faible en valeur absolue (essai phosphate + urée). L'arrière-effet de l'engrais pour cette situation n'a pas été mesuré. Les gains de rendement par rapport au témoin sans engrais sont compris entre 165 kg/ha et 437 kg/ha (+ 17 % à + 64 %) ce qui permet de rentabiliser l'apport d'engrais (figure 43c).

Figure 44 : Evolution du rendement du témoin non fertilisé à Ziga

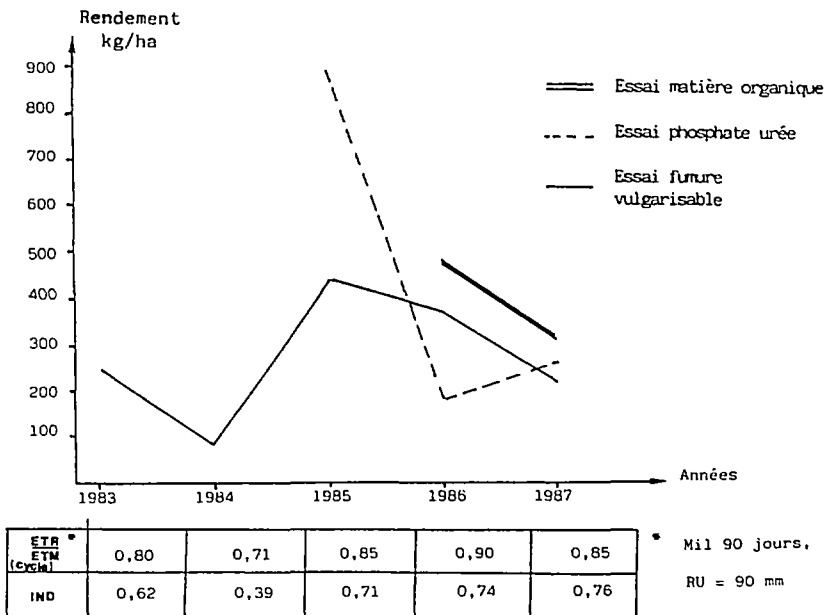
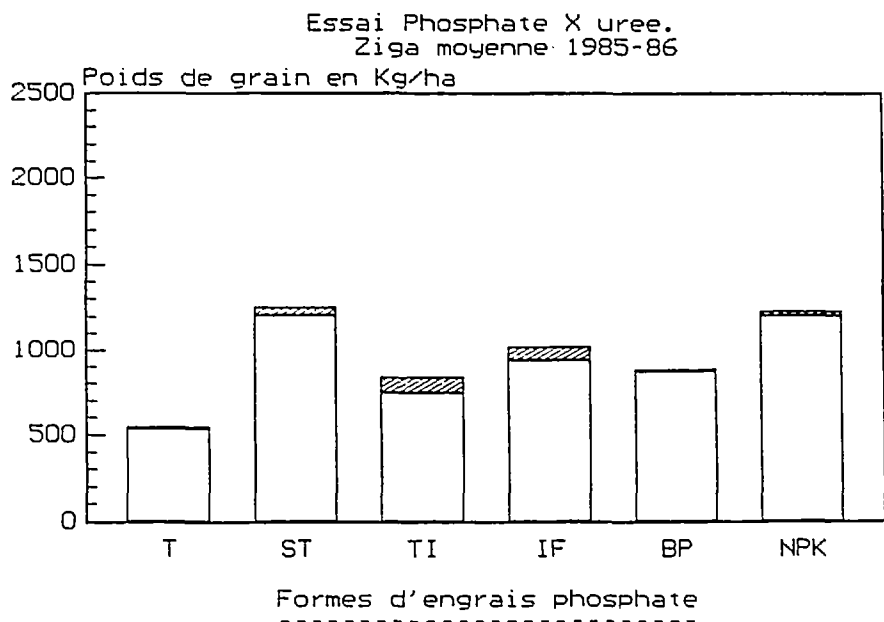
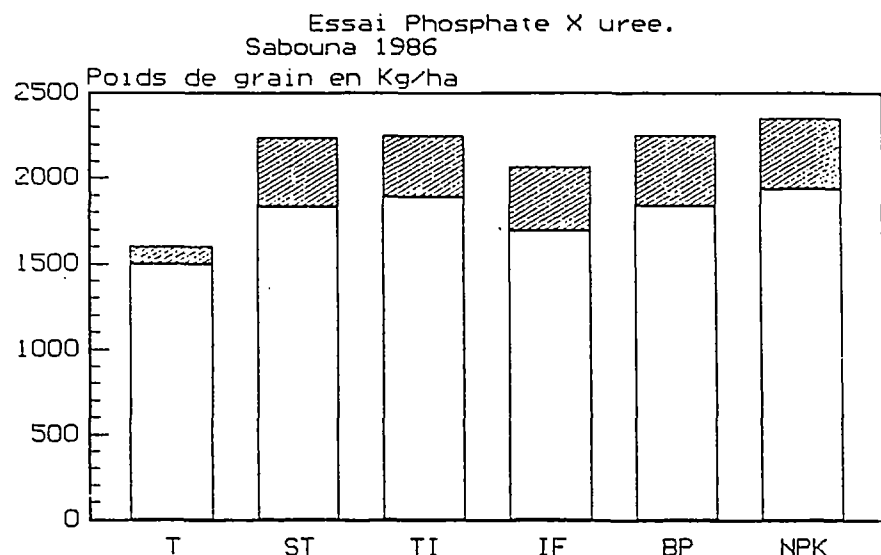




Figure 45: Effets de différentes formes d'engrais phosphaté sur le rendement du mil.



T = témoin sans phosphate
ST = supertriple
TI = Burkinaphosphate (IFDC)
IF = Burkinaphosphate (TIMAC)
BP = Burkinaphosphate
NPK = engrais NPK

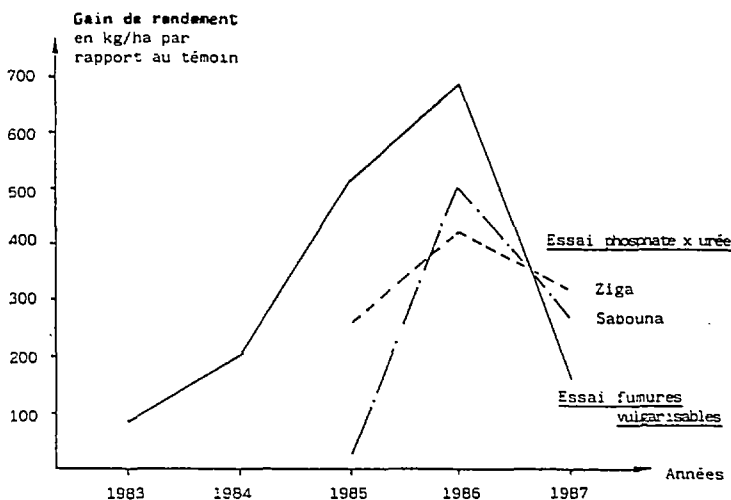
 sans urée
 gain de rendement dû à l'urée

2.4.3 - L'effet des engrais phosphatés et l'interaction phosphore - urée

La réponse au phosphore est variable d'un site à l'autre (+ 700 à + 200 kg/ha avec 25 unités de P_2O_5 soluble) [figure 45, annexe 31]. A Sabouna les résultats sont équivalents quel que soit le type de fumure phosphatée. A Ziga, en revanche, le phosphate supertriple a un effet sur le rendement en mil significativement supérieur aux trois formes de phosphate naturel. Ceci correspond logiquement aux différences de solubilité de ces engrais. Dans les deux cas on n'observe pas d'effet de l'acidulation du burkinaphosphate. La réponse au burkinaphosphate est fonction des conditions d'humidité du sol (une humidité importante favorise sa solubilisation). A Ziga dans des terrains recevant régulièrement des apports d'eau de ruissellement l'effet du burkinaphosphate est important dès la deuxième année d'utilisation. Ces résultats très encourageants peuvent s'expliquer aussi par la forte carence phosphatée du sol. A Sabouna en conditions plus sèches, la réponse est plus faible (figure 46). La réponse aux engrais phosphatés en valeur relative, dans les conditions de terrain des deux sites d'essai varie peu en fonction du climat. Mais pour des essais de longue durée, la variabilité interannuelle des résultats est difficile à interpréter car elle dépend de deux facteurs : la pluviosité et l'effet cumulatif des apports répétés d'engrais phosphatés.

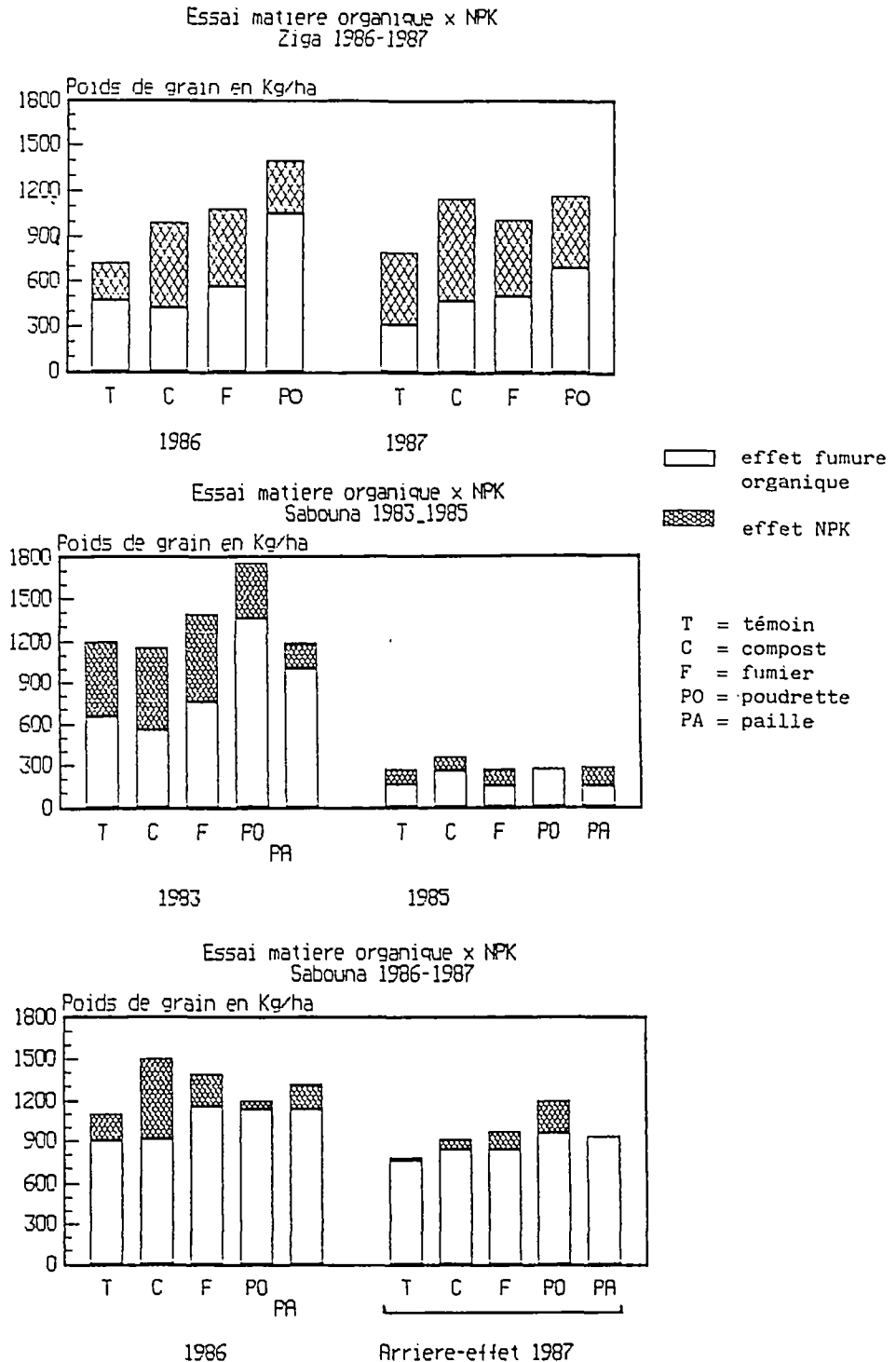
On n'observe pas d'interaction phosphate - urée. L'apport d'urée (50 kg/ha) est largement rentabilisé à Sabouna (+ 567 kg/ha en 1985, + 395 kg/ha en 1986)⁽¹⁾. En revanche on explique mal l'absence de réponse à l'urée observée à Ziga durant trois années d'expérimentation.

Figure 46 : Effet d'un apport de Burkinaphosphate sur le rendement du mil



(1) En 1987 l'effet moyen de l'urée est négligeable (+ 30 kg/ha. + 3 %), ceci pourrait s'expliquer par son épandage durant une longue période sans pluie (1^{er}-15 août) sur un sol superficiellement sec.

Figure 47 : Effet de différentes formes de fumure organique (associée ou non à l'engrais NPK) sur le rendement du mil



2.4.4 - L'effet de la fumure organique

Le rapport C/N (carbone/azote) caractérise le degré de décomposition des fumures organiques expérimentées ; il est plus élevé pour la paille, moyen pour le compost et faible pour la poudrette et le fumier. La teneur en éléments minéraux totaux est variable, le fumier et la poudrette sont plus riches généralement en azote (10 à 20 %), en phosphore (0,5 à 0,2), en calcium et magnésium. Les pailles riches en carbone contiennent moins d'azote et de phosphore mais presque autant de potasse que les formes de matières organiques précédentes (annexe 33).

La première année d'essai, on a obtenu des résultats analogues pour les deux sites (figure 47 et annexe 32) :

- un effet de la poudrette (riche en éléments minéraux facilement disponibles) très net sur les rendements (en valeur relative) par rapport aux autres traitements lorsqu'elle est employée sans engrais NPK ;
- un effet dépressif ou nul du compost aérobie sauf à Ziga lorsque l'on y adjoint l'engrais NPK ;
- des résultats assez médiocres obtenus avec le fumier (+ 15 % à + 50 % sur le rendement en grain par rapport au témoin) et toujours inférieurs à ceux obtenus avec la poudrette. Ces résultats peuvent s'expliquer par une mauvaise décomposition du fumier et du compost en fosse (arrosage insuffisant).

Les années suivantes les résultats évoluent sensiblement :

- à Ziga en 1987 (après deux apports successifs de matière organique) on retrouve pour le mil des résultats équivalents à ceux observés en 1986 concernant le sorgho lorsqu'il n'y a pas d'apport d'engrais NPK (classement témoin < compost < fumier < poudrette). Mais en présence d'engrais les différentes formes de matière organique sont équivalentes ;
- à Sabouna en 1986 (après quatre ans d'apports consécutifs) on note un effet dépressif du compost utilisé sans engrais ; la paille (4 t/ha) enfouie avec de la poudrette (1 t/ha) donne des résultats analogues au fumier et à la poudrette (dont on explique mal l'effet relativement faible sur les rendements).

Lorsque l'alimentation en eau des cultures est limitée, principalement en fin de cycle (Sabouna 1984, 1985), la fumure organique ne permet pas d'améliorer les rendements : bien que le développement de la culture soit favorisé (poids de paille plus élevé, annexe 34), les stress hydriques à la floraison limitent la production de grain pour tous les traitements. Si la matière organique est bien décomposée elle n'a cependant jamais d'effet dépressif. Comme pour l'engrais NPK le problème est alors celui de la non-rentabilité de la fumure.

L'arrière-effet des apports de fumure organique n'a pu être mesuré qu'à Sa-

bouna en 1987. Si l'on n'observe pas d'arrière effet significatif des apports répétés d'engrais NPK, on note un arrière-effet non négligeable et significatif de la matière organique sur le rendement en grain (de + 13 % à + 52 %) et qui reprend le même classement que précédemment témoin < compost < fumier < (paille + poudrette) < poudrette. A priori on aurait pu s'attendre à un arrière-effet plus marqué avec les matières organiques ayant un degré d'humification plus élevé (fumier, compost) donnant des composants humiques stables dans le sol. Il semble que des faibles apports de matière organique soient minéralisés dès la première année d'autant plus vite qu'il y a apport d'engrais azoté. En revanche l'apport de poudrette qui est surtout caractérisée par sa richesse en éléments minéraux facilement disponibles, peut entraîner une accumulation d'éléments d'où un arrière-effet plus important.

2.4.5 - Fumure organique et régénération des sols dégradés

A Sabouna le terrain d'expérimentation s'apparente typiquement au terme vernaculaire de « Zipellé ». Avant implantation de l'essai le terrain décapé était totalement nu sans aucune végétation naturelle même herbacée ; la dernière culture remonte à plus de dix ans.

A Ziga, le sol est peu profond gravillonnaire (30 à 50 cm de sol) limité par une cuirasse plus ou moins fissurée. La parcelle d'essai située en haut de pente a été cultivée jusqu'en 1983, elle présentait avant notre intervention une végétation herbacée très réduite et quelques arbustes (annexe 29_{bis}).

La première année de remise en culture (1985), le déficit hydrique a été très marqué (pluviométrie déficitaire et semis tardif). Sur les deux sites on n'observe pas de différence significative entre les types de travail du sol pour le poids de grain. En revanche le poids de paille est notablement supérieur sur le traitement « lourd » (scarifiage croisé + labour), preuve que le mil s'y est mieux développé durant les deux premiers mois de végétation (tableau 32). L'enracinement du fait de la cohésion du sol au-delà de la couche travaillée (Sabouna) ou de la présence d'une cuirasse (Ziga) est très limité en profondeur d'où une forte sensibilité au stress hydrique. La seconde année l'effet travail du sol « lourd » sur le rendement est significatif (+ 30% à 50 %, par rapport au travail « léger »)

Tableau 32 : Résultats de l'essai régénération de sol.

Effet du travail du sol sur le rendement en grain (G) et en paille (P) d'une culture de mil.

Facteur 1 : travail du sol	Ziga				Sabouna			
	1985		1986		1985		1986	
	G	P	G	P	G	P	G	P
Travail « lourd » (scarifiage croisé + labour)	235	1 312	671	1 298	121	740	873	1 629
Travail « léger »	221	1 086	442	818	93	350	670	1 300

Effet d'un apport de fumure organique (fumier) sur le rendement en grain (G) et en paille (P) d'une culture de mil.

	Ziga				Sabouna			
	1985		1986		1985		1986	
Facteur 2 : matière organique	G	P	G	P	G	P	G	P
Sans matière organique	216	1 164	505	920	88	550	621	1 205
Apport de 5 t/ha	241	1 234	609	1 196	126	700	922	1 724

* Différence significative entre les moyennes de traitement au seuil de 5 % ; pas d'interaction facteur 1 x facteur 2

Lorsque les conditions d'alimentation hydrique de la plante sont limitantes (1985, pour les deux sites et 1986 à Ziga), la fumure organique a peu d'effet sur les rendements. En seconde année à Sabouna, la conjonction d'une pluviosité satisfaisante (semis-récolte = 406 mm) et de l'arrière-effet des travaux de l'année précédente, permet à la culture de se développer normalement et de valoriser l'apport de matière organique (+ 20 % à + 67 % de grain) ; l'essai n'a pas été reconduit en 1987 afin d'observer le comportement des terrains restaurés lorsque l'on les met en jachère. La végétation naturelle herbacée s'est développée principalement le long des diguettes et des cordons pierreux ainsi qu'en amont sur un ou deux mètres de largeur. A Ziga le reste de la surface (l'interdiguette) est resté quasiment nu, à Sabouna on a pu observer des repousses de graminées et de malvacées sur les zones les plus favorables (zones les plus sableuses).

2.5 - Discussion

La réponse du mil à la fertilisation minérale et organique dépend des conditions d'alimentation en eau de la culture. Ces conditions sont fonction de la pluviosité mais aussi des caractéristiques du terrain cultivé : topographie (ruissellement), sensibilité à la battance... Lorsque le déficit hydrique est limité (ETR/ETM cycle > 0,8), l'effet de la fertilisation sur les rendements est important (+ 3 à 5 q/ha) et la rentabilité des engrais est largement assurée. Cet effet est d'autant plus élevé que la carence des sols en éléments minéraux (phosphore principalement) est forte. Lorsque le déficit hydrique est marqué (ETR/ETM < 0,8) la fertilisation est généralement peu ou pas valorisée donc non rentabilisée, mais elle n'a pas d'effet dépressif sur les rendements. A ce déficit correspondent généralement, un sol sablo-argileux⁽¹⁾, un front d'humectation peu profond durant tout le cycle cultural donc un système racinaire peu développé et superficiel (0-80 cm) même lorsqu'il y a eu travail du sol avant semis. Dans ces conditions la culture est très sensible aux stress hydriques et l'apport de fertilisation ne modifie pas le résultat final. L'amélioration de l'alimentation en eau du mil est donc un préalable à la valorisation de la fumure organo-minérale par les cultures.

L'effet de la fumure organique sur les rendements, lorsqu'elle est bien décomposée, varie en fonction des conditions du milieu dans le même sens que celui de la fumure minérale. La poudrette du fait de ses caractéristiques chimiques (fortes teneurs en azote et phosphore, et faible teneur en composés humiques stables) s'apparente plutôt à une fumure

(1) Nous ne disposons pas de résultats d'essai en sol sableux ou très sableux.

minérale. Pour les autres types de fumure, plus riches en humus, nous n'avons pas mis en évidence d'effet spécifique de la matière organique sur les rendements en année de sécheresse ni même un arrière-effet. Les travaux qui concluent à cet effet (principalement la modification des caractéristiques physiques du sol : rétention en eau, vitesse d'infiltration) font mention d'apports de fumure organique à des doses plus élevées que celles que nous avons retenues dans nos essais (10 à 40 t/ha contre 5 t/ha) [CHARREAU, NICOU, 1971]. La dose de 5 t/ha/2 ans est déjà difficile à appliquer pour les paysans du Yatenga (voir V^e partie). Par ailleurs quel que soit le type de fertilisation organique, la majeure partie des cinq tonnes de fumure apportées chaque année serait minéralisée avant la fin de la saison des pluies ce qui expliquerait le faible arrière-effet observé (SEDOGO, 1981).

L'utilisation directe des pailles, ou de compost et de fumier mal décomposé donne de bons résultats s'il y a apport simultané d'engrais azoté (dans notre cas l'azote de l'engrais NPK). Sans cet apport on observe un effet dépressif de ce type de fumure, caractérisé par le phénomène de « faim d'azote » (GANRY, 1987)⁽¹⁾.

Pour les mêmes raisons l'enfouissement de 5 t/ha de fumier dans des sols dégradés que l'on veut régénérer apporte surtout des éléments minéraux aux cultures. La modification des caractéristiques physiques et l'augmentation du taux de matière organique de ces sols nécessiteraient des doses de fumure plus importantes. Toutefois on a pu faire la preuve que ces terrains jugés incultes par les paysans pouvaient produire des céréales. La restauration de la fertilité physique de ces terrains est possible, elle nécessite en premier lieu d'améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol par différentes techniques qui sont à la portée des paysans et que l'on a pu tester : aménagement, travail du sol superficiel aux dents ou labour plus profond. Afin de valoriser au mieux l'investissement en travail et en organique, il est nécessaire de se situer sur des sols relativement profonds (du type de celui décrit à Sabouna) ; les sols peu profonds où l'enracinement des plantes annuelles sera, quelles que soient les techniques culturales retenues, toujours limité, doivent garder leur vocation pastorale et sont redevables de techniques de régénération des pâturages.

La comparaison de l'effet de quelques fumures vulgarisables est présentée dans le tableau 33. Du fait de la forte carence en phosphore, les réponses au phosphate supertriple (50 kg/ha) et à l'engrais NPK sont équivalentes, mais le moindre coût du premier lui confère un taux de rentabilité supérieur. Le burkinaphosphate, très peu coûteux, est, à priori facilement rentabilisé mais le gain de production qu'entraîne son utilisation est limité. De plus l'investissement initial (400 kg/ha la première année soit 10 000 FCFA) pose des problèmes financiers aux agriculteurs ; à coût égal, 100 kg d'engrais NPK permettront un gain de production très supérieur en première année. L'effet de 5 t/ha de poudrette sur le rendement est supérieur généralement à celui d'un apport de 100 kg/ha de NPK (14-23-14). Mais il faut rappeler que cinq tonnes de poudrette contiennent 30 à 50 unités d'azote, 13 à 23 unités de phosphore et 40 à 70 unités de potasse (on connaît mal cependant les proportions de ces éléments facilement disponibles pour les plantes). En première approximation la fourniture en azote et en potasse est équivalente voire plus importante que celle venant de 100 kg d'engrais.

(1) l'azote disponible du sol est consommé prioritairement par les micro-organismes qui transforment le carbone contenu dans les pailles (rapport C/N élevé) réduisant ainsi la consommation azotée des cultures.

Tableau 33 : Comparaison des effets sur le rendement en mil de quelques formules de fumures vulgarisables (valeurs moyennes observées en essais).

Type de fumure et dose	Coût de la fumure/ha/an en FCFA* Prix 1987	Conditions d'alimentation en eau des cultures	Gain de rendement en kg/ha	Taux de rentabilité V/C	Niveau de rendement du témoin* sans engrais en q/ha
Engrais NPK (100 kg/ha)	10 000	Défavorable Médiocre Moyenne Favorable	0 150 300 500 à 600	0 0,95 1,95 3,2 à 3,8	0 à 3 2 à 4 4 à 6 6 à 8
Phosphate supertriple (50 kg/ha)	7 500	Moyenne Favorable + forte carence en phosphore	200 400 à 600	1,7 3,4 à 5,2	2 à 4 3 à 5
Burkinaphosphate (400 kg/ha 1ère année + 100 kg/ha ensuite) + urée (50 kg/ha)	8 875*	Moyenne Favorable + forte carence en phosphore	300** 500	2,1 3,6	2 à 4 3 à 5
Burkinaphosphate (400 kg/ha 1ère année + 100 kg/ha ensuite)	4 375*	Moyenne Favorable + forte carence en phosphore	150** 250	2,2 3,7	2 à 4 3 à 5
Poudrette (5 t/ha)	-	Défavorable Favorable	0 400 à 600	- -	0 à 3 6 à 8
Compost (5 t/ha) + 100 kg/ha d'engrais NPK	10 000	Défavorable Favorable	0 650 à 800	0 3,8 à 5,2	0 à 3 6 à 8

* Moyenne pour quatre années d'utilisation du Burkinaphosphate (400 kg/ha + 3 fois 100 kg/ha).

** Moyenne annuelle de gain de rendement obtenu sur quatre années.

3 - LE TEST DE DIFFERENTS TYPES DE FUMURE EN MILIEU PAYSAN

3.1 - Objectifs

L'objectif des tests fertilisation est triple :

- étudier la variabilité des effets de différentes formes de fumure en fonction du climat et des types de terrain ;
- analyser les conséquences économiques de cette variabilité pour les agriculteurs ;
- préciser avec les paysans les conditions optimales d'utilisation de la fumure organique et minérale.

Ces tests concernent uniquement les trois types de fumure facilement disponibles au niveau des villages : la fumure organique (poudrette), l'engrais NPK et le Burkinaphosphate commercialisés par l'ORD et le projet R-D.

Les paysans choisissent eux-mêmes la localisation des tests. Ce choix dépend des questions qu'ils se posent : la fertilisation peut-elle avoir un effet en sol peu profond, en bordure de bas-fond ? etc. Ceci explique que l'on dispose de résultats pour une large

gamme de terrains et pour les cultures de mil et de sorgho⁽¹⁾.

Ces tests intéressent toujours de petites surfaces (15 à 150 m²) ; notre objectif ici n'était pas de pré vulgariser au niveau de grandes superficies des types de fumure mais d'étudier avec les paysans l'effet de la fertilisation sur les cultures. La diffusion plus large de la fumure (minérale) s'est effectuée dans un second temps et a nécessité la mise en place d'un système de crédit agricole.

3.2 - Dispositifs expérimentaux

Nous présenterons les résultats des trois tests fertilisation concernant le mil et à titre de comparaison ceux du test fumure organique du sorgho précoce IRAT 204 (culture toujours pratiquée hors bas-fond dans des terrains propices aussi au mil) [tableaux 34 et 35].

La fumure organique épandue par les paysans dans les tests est toujours constituée de poudrette. Elle est enfouie au premier sarclage (pratique traditionnelle) ou au semis par un simple grattage à la daba, sauf dans le test fumure organique x travail du sol où l'on compare un épandage en surface à un enfouissement de la poudrette réalisé avec les moyens du paysan (piochage manuel ou scarifiage). La taille des parcelles unitaires des tests utilisant la fumure organique étant réduite (120 m²), les paysans préfèrent travailler ces petites superficies manuellement que de déplacer un attelage. Le protocole pourtant élaboré avec les agriculteurs prévoyait d'utiliser de préférence la charrue à tout autre outil de travail du sol, le labour permettant de bien enfouir la poudrette.

De même le burkinaphosphate est incorporé au sol avant semis par un piochage manuel, un scarifiage ou plus rarement un labour. Le traitement burkinaphosphate (400 kg/ha la première année puis 100 kg/ha) + fumure organique (5 t/ha/2 ans) correspond à une des recommandations des services de vulgarisation concernant l'utilisation de cet engrais.

Tableau 34 : Les traitements des tests fertilisation.

Test	Traitements	
Test fumure organique x travail du sol	-Témoin -Fumure organique (5 t/ha) -Travail du sol -Fumure organique (5 t/ha) + travail du sol	
Test matière organique sorgho précoce	-Témoin -Fumure organique (2,5 t/ha) -Fumure organique (5 t/ha)	
Test engrais NPK	-Témoin -Fumure faible (50 kg/ha de NPK) [1987 uniquement] -Fumure forte (100 kg/ha de NPK)	
Test burkinaphosphate matière organique	1ère année	2ème année
	-Témoin sans fumure -Burkinaphosphate (BP 400 kg/ha) -Fumure organique (5 t/ha) -Burkinaphosphate (400 kg/ha) + -fumure organique (5 t/ha)	-Témoin -BP (100 kg/ha) -Témoin - BP (100 kg/ha)

(1) Les résultats des tests concernant le sorgho sont présentés en annexe 36.

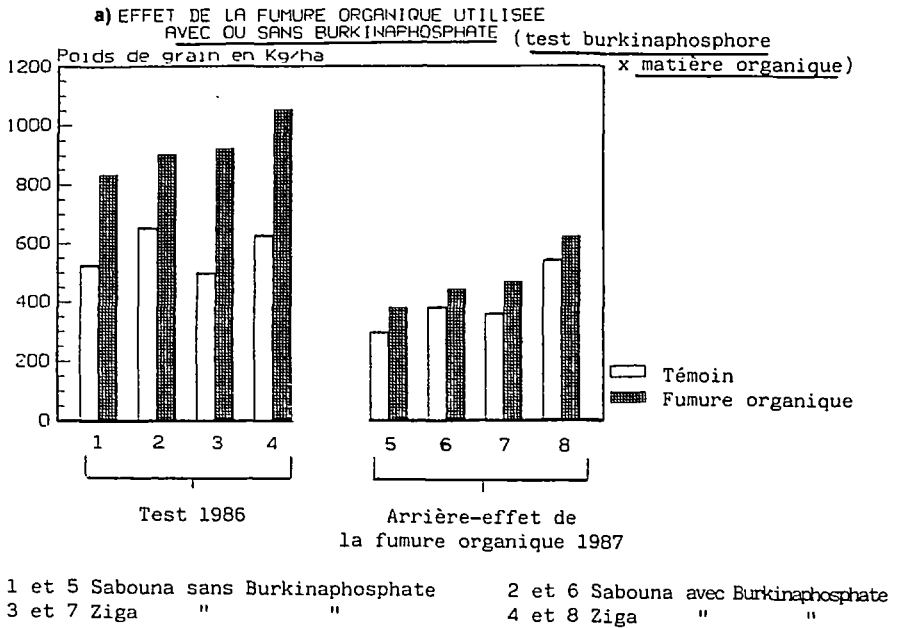
Tableau 35 : Localisation des tests fertilisation.

Test	Localisation	Année	Nombre de répétitions	Culture	Contrainte climatique
Fumure organique x travail du sol	Sabouna	1985	5	Mil	Forte
	Ziga	1985	4	"	Forte si semis après le 10 juillet
Matière organique sorgho précoce	Sabouna	1986	8	Sorgho	Faible (IRAT 204)
	Ziga	1986	5	"	Moyenne
	Boukéré	1986	11	"	Faible
Engrais NPK	Sabouna	1985	26	Mil	Forte
	Sabouna	1986	14	"	Faible
	Sabouna	1987	32	"	Moyenne
	Boukéré	1985	9	"	Moyenne
	Boukéré	1986	10	"	Moyenne
	Boukéré	1987	23	"	Forte
	Ziga	1987	16	"	Moyenne
Burkinaphosphate x matière organique	Sabouna	1986	7	Mil	Faible
	Sabouna	1987	"	"	Moyenne
	Ziga	1986	7	Mil	Moyenne
	Ziga	1987	"	"	Moyenne

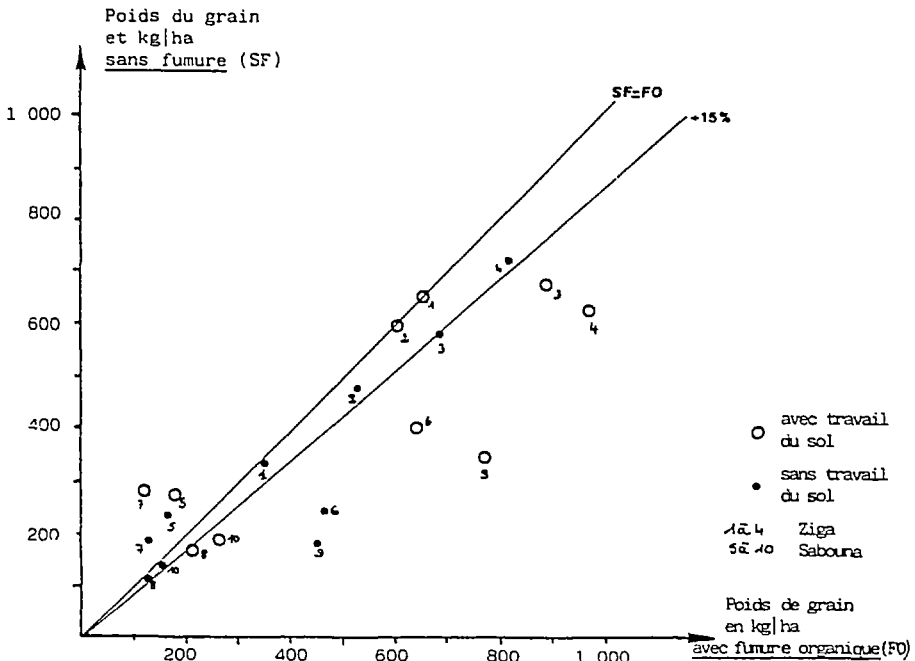
L'engrais NPK a été apporté au premier sarclage sur des placettes de 16 m². L'expérimentateur choisit à cette période deux zones (3 en 1987) où le développement de la culture de mil est équivalent (hauteur des plants, tallage, densité des poquets) il les repère avec des piquets de couleurs différentes, puis épand et enfouit avec le paysan l'engrais NPK sur les placettes. Plusieurs couples (témoin - 100 kg/ha NPK, 1985-1986) ou triplés (témoin - 50 kg/ha, 100 kg/ha en 1987) peuvent être installés puis observés sur la même parcelle. Les piquets de couleur permettent aux paysans d'apprécier visuellement l'effet de l'engrais NPK sur la culture. Après discussions avec les agriculteurs, nous avons retenu la technique d'apport traditionnel de l'engrais au premier sarclage. Ceux-ci estiment qu'il n'est pas souhaitable d'apporter l'engrais au semis sur une culture qui lèvera peut-être mal. Au premier sarclage l'agriculteur peut raisonner l'utilisation de son engrais en fonction de l'état de la culture et de la pluviosité antérieure (période semis-sarclage). Le choix de l'emplacement des placettes demande une certaine expérience et peut entraîner un biais expérimental : le technicien apportant l'engrais sur une zone toujours plus belle que le témoin par exemple. Cette méthode a par ailleurs des avantages :

- on peut choisir exactement le type de terrain (type de sol, place dans la toposéquence) où l'on veut tester l'engrais ;
- on se place exactement dans les conditions de cultures des paysans : au semis les placettes du test ne sont pas localisées. On pourra ainsi discuter des variations des pratiques des paysans (densité de semis, date des travaux) et de leurs effets sur la culture.

Figure 48 : Variation de la réponse du mil à un apport de fumure organique



b) Test matière organique x travail du sol-1985



3.3 - Résultats

Pour des raisons analogues à celles exposées lors de la présentation des résultats des essais, nous privilégierons l'analyse des effets de la fertilisation sur le rendement en fonction de la variabilité des conditions du milieu.

3.3.1 - L'effet du Burkinaphosphate

La première année d'utilisation du burkinaphosphate on n'observe pas d'effet significatif de cet engrais sur les rendements du mil (annexe 37). En seconde année, le gain de rendement obtenu avec le burkinaphosphate est compris entre 181 et 56 kg/ha (+ 50 % à + 18%); il ne permet pas de rentabiliser l'engrais apporté les deux premières années (valeur du gain maximum 11 700 FCFA, coût de l'engrais 500 kg/ha = 12 500 FCFA).

Ceci correspond aux résultats généralement obtenus dans la moitié Nord du Burkina Faso ; du fait de la lenteur de la solubilisation de cet engrais, il n'a d'effet sur la culture qu'à partir de la seconde année d'utilisation. Ces tests ont été implantés dans des sols sableux à Sabouna et sablo-argileux à Ziga. La poursuite des tests une troisième année permettrait de confirmer ou non cette faible réponse du mil au burkinaphosphate dans ces conditions de sol. Rappelons que le gain de rendement obtenu en essai avec cet engrais utilisé à la même dose était compris entre 195 et 417 kg/ha (en deuxième et troisième année d'utilisation) pour des conditions climatiques analogues (1986 et 1987) [annexe 31].

3.3.2 - L'effet de la fumure organique

L'effet de la fumure sur le rendement est d'autant plus marqué que les conditions d'alimentation hydrique de la culture sont satisfaisantes :

- pour le test matière organique x sorgho précoce en 1986, généralement implanté sur des terrains profonds, argilo-sableux, les gains de rendement sont élevés même pour la dose de fumure faible (2,5 t/ha) [+ 49 % à + 70 % par rapport au témoin non fumé, + 108 à 302 kg/ha). Pour la dose de 5 t/ha, utilisée dans les autres expérimentations, le gain moyen de rendement varie entre 237 et 493 kg/ha selon les villages, gain comparable à celui obtenu en essai la même année pour la même culture (tableau 36) ;

Tableau 36 : Effet de la fumure organique sur le rendement d'un sorgho précoce, 1986.

	Ziga	Sabouna	Boukéré
Sans fumure	189 (a)	396 (a)	540 (a)
2,5 t/ha fumure organique	297 (a)	671 (b)	806 (b)
5 t/ha fumure organique	426 (b)	889 (c)	842 (c)
Coefficient de variation	26 %	-29 %	-28 %
Nombre de répétitions	5	11	8

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

Figure 49 : Variation de la réponse du mil à l'engrais NPK (100 kg / ha) selon les villages et les années

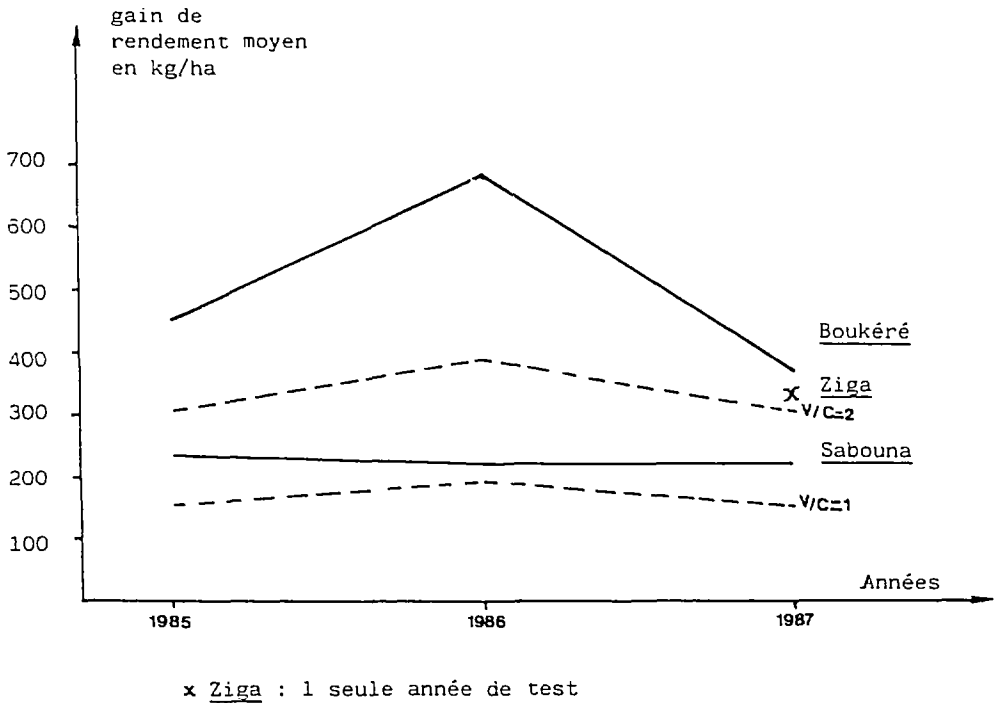
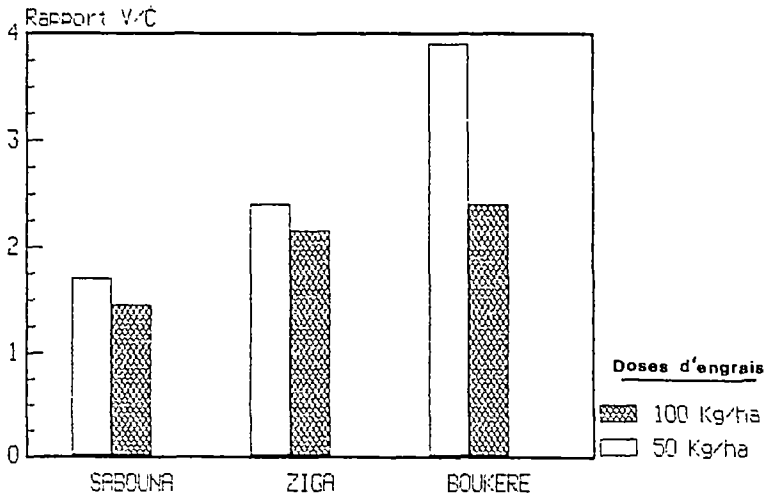


Figure 50 : Taux de rentabilité moyen des tests NPK selon le village et la dose d'engrais



- sur mil en 1986 (année à pluviosité favorable pour les cultures dans les trois villages), le gain de rendement obtenu avec l'apport de 5 t/ha de poudrette est équivalent aux résultats précédents (+ 250 kg à 426 kg/ha, + 40 % à 85 % test burkinaphosphate x matière organique) [figure 48a, annexe 37]. En essai sur un sol battant (Sabouna) l'effet dû à la poudrette sur le mil correspondait à un gain de rendement de 250 kg/ha ;

- en revanche en 1985, (pluviosité déficitaire à Sabouna et moyennement déficitaire à Ziga) le test matière organique x travail du sol met en évidence à Sabouna un effet dépressif de la matière organique dans quatre cas sur vingt sur des terrains sablo-argileux compactés en surface qui se distinguent des autres parcelles à texture sableuse (figure 48b). L'enracinement du mil reste superficiel dans ce type de terrain. L'apport de poudrette, enfoui dans les cinq premiers centimètres du sol pourrait renforcer cette localisation superficielle des racines et donc accroître la sensibilité de la culture au stress hydrique en fin de cycle. Pour l'essai matière organique conduit dans le même village, sur un terrain sablo-argileux dégradé en surface, la poudrette n'avait pas eu d'effet dépressif sur le rendement mais la différence avec le témoin sans fumure n'était pas significative (rendements de tous les traitements < 300 kg/ha). La répartition des rendements parcellaires pour les deux villages montre d'autre part des gains de rendement dû à la fumure inférieurs à 15 % dans la moitié des situations. En revanche le travail du sol à Ziga (un scarifiage à la houe-manga) comme à Sabouna (grattage manuel) apporte un gain de rendement (13 % en moyenne) significatif et plus constant d'un site à un autre (annexe 38).

3.3.3 - L'effet de l'engrais NPK sur la culture de mil en parcelle paysanne

a) L'analyse globale des résultats : variation intervillage et interannuelle

La différence moyenne entre les rendements en mil des placettes fertilisées et des placettes témoin est toujours statistiquement significative quels que soient l'année et le village (annexe 39). Les gains de rendement sont plus élevés à Boukéré qu'à Sabouna et Ziga (figure 49). Globalement les apports d'engrais sont rentables ($V/C > 1$). Le taux de rentabilité moyen dépasse toujours 2 à Boukéré et Ziga, il est compris entre 1 et 1,7 à Sabouna, quelles que soient la dose utilisée et l'année. A Boukéré on note une corrélation positive entre la pluviosité et le gain de rendement dû à l'engrais (1986 > 1985 > 1987); en revanche à Sabouna celui-ci varie peu et ne couvre guère plus que le prix de l'engrais.

La comparaison des effets des deux doses d'engrais en 1987 montre que le taux de rentabilité de la dose faible (50 kg/ha) est supérieur en moyenne à celui de la dose forte (100 kg/ha) dans les trois villages (figure 50).

Cependant, ces résultats sur les effets moyens de l'engrais NPK par village et par année, masquent une variabilité importante de la réponse du mil à la fertilisation.

Figure 51 : Variabilité de la réponse à l'engrais (100 kg/ha)
en fonction des types de terrain - Boukéré

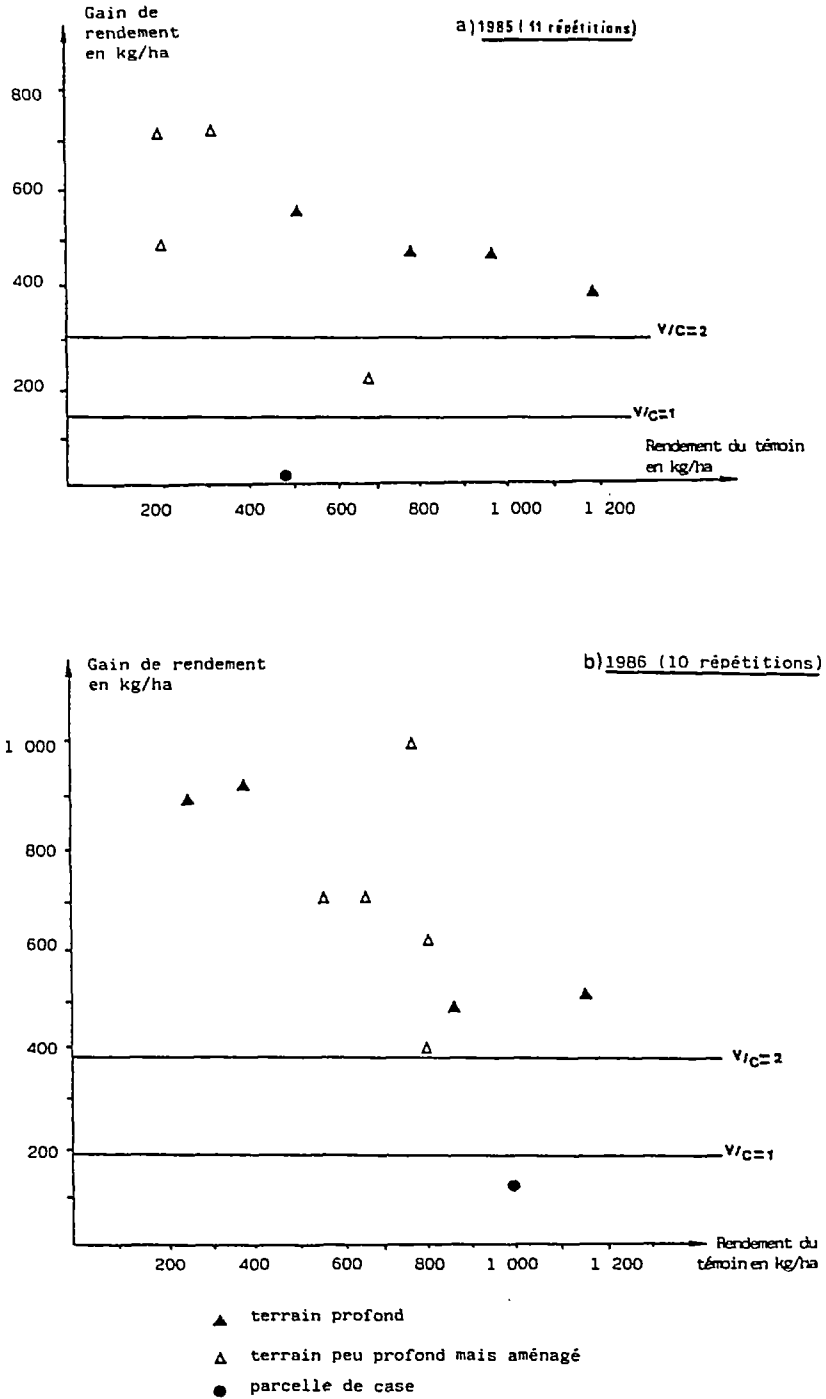
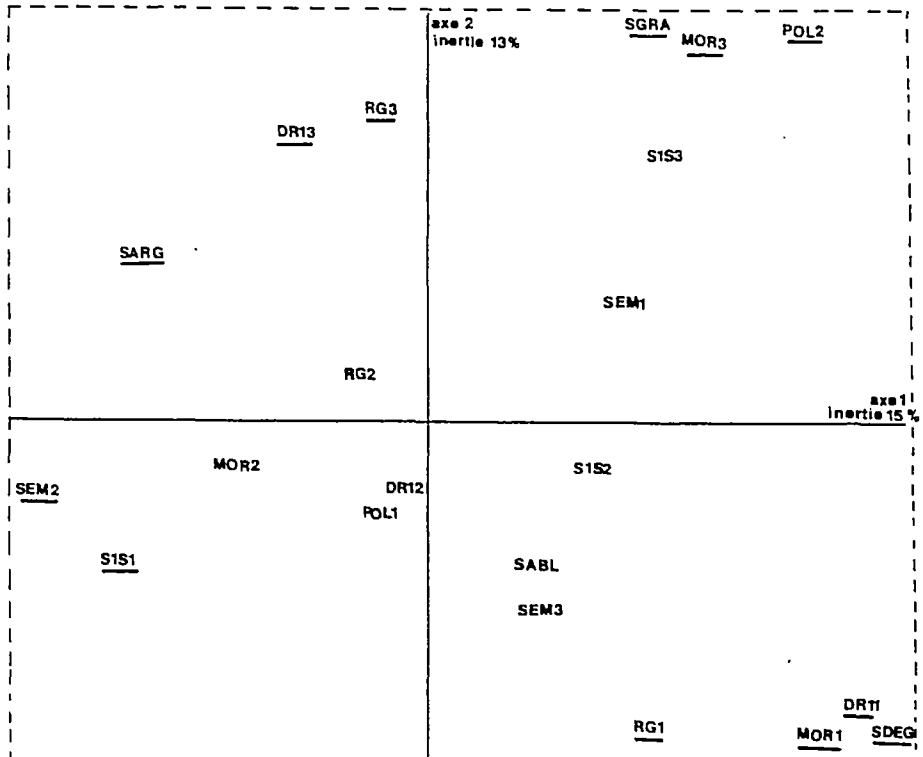


Tableau 37: Les variables retenues pour l'AFC. Test fertilisation NPK 1987.

Nom de la variable	Modalités Nom abrégé	Définition
Rendement du témoin (non fertilisé)	RD1 RD2 RD3	Rendement < 300 kg/ha Rendement 300 à 500 kg/ha Rendement > 500 kg/ha
Gain de rendement dû à la dose de 100 kg/ha d'engrais	DR11 DR12 DR13	Rendement < 100 kg/ha Rendement 100 à 300 kg/ha Rendement > 300 kg/ha
Type de terrain	DEG SABL SGRA SARG	- Terrain dégradé, sablo-argileux, sensible à la battance - Terrain sableux - Terrain gravillonnaire ou sablo- gravillonnaire - Terrain sablo-argileux non dégradé ou argilo-sableux
Taux de matière organique du sol (horizon 0-20 cm)	MOR1 MOR2 MOR3	< 0.5 % 0.5 à 0.8 % > 0.8 %
Taux de phosphore assimilable (Olsen) [horizon 0-20 cm]	POL1 POL2	< 10 ppm 10 à 30 ppm
Date de semis	SEM1 SEM2 SEM3	Avant le 20 juin 1987 Du 20 juin au 10 juillet 1987 Après le 10 juillet 1987
Intervalle semis-1 ^{er} sarclage	SIS1 SIS2 SIS3	Moins de 20 jours 20 à 40 jours 40 à 60 jours

Figure 53 : Projection des variables de l'AFC -
"Test fertilisation" sur le plan factoriel -
Axe 1, axe 2.



b) Variation de la réponse du mil à l'engrais NPK en fonction du type de terrain et des techniques culturales

Les résultats obtenus en 1985 et 1986 portent sur un nombre de tests limité qui ne permet pas de décrire la variabilité de l'effet de l'engrais par des méthodes d'analyse multifactorielle comme cela a été réalisé pour les données de 1987. A Boukéré le gain de rendement dû à l'engrais NPK (100 kg/ha) est dans la plupart des cas supérieur à 300 kg/ha et le rapport V/C supérieur à 2 (figure 51). Sur une seule situation, la réponse du mil à l'engrais est faible en 1986 et nulle en 1985. Il s'agit d'une parcelle de case ayant reçu de la fumure organique en quantités importantes les années précédentes, d'où une fertilité du sol élevée (témoin > 1 t/ha en 1986) et une faible réponse à l'engrais. Il faut noter que toutes les parcelles situées sur terrain peu profond ont été aménagées avant la saison des pluies 1985, ceci explique que l'effet de l'engrais sur ce type de terrain soit globalement équivalent à celui obtenu en sol plus profond.

A Sabouna le coefficient de variation du gain de rendement dû à l'engrais NPK est plus élevé qu'à Boukéré (107 % en 1985 et 147 % en 1986 contre 52 % et 48 %). En année à fort déficit hydrique (1985) [figure 52a] la réponse à l'engrais est toujours très limitée dans les sols sablo-argileux à fort ruissellement où les risques de stress hydriques sont importants ; inversement le gain de rendement est plus élevé dans les parcelles recevant un apport d'eau extérieure (le bilan de ruissellement est positif dans ce cas). Ces parcelles sont situées dans des talwegs ou en bordure d'impluvium non cultivé. Dans ce dernier cas un aménagement retient une partie du ruissellement venant de l'amont. La réponse en sol sableux est très variable (dans cinq cas sur neuf l'engrais a un effet dépressif). En 1986 (année à pluviosité favorable pour les cultures) nous ne disposons que de 14 répétitions dispersées sur trois types de terrains (figure 52b). La réponse du mil à l'engrais est plus limitée dans les zones recevant un fort ruissellement malgré un niveau de rendement du témoin élevé (> 900 kg/ha). L'engrais enfoui superficiellement a certainement été emporté par le ruissellement. Inversement sur des parcelles situées en terrain sablo-argileux on observe des gains de rendement élevés et permettant de rentabiliser l'investissement en fertilisant. Pour ces mêmes sites d'expérimentation l'engrais n'était pas rentable en 1985. Sur sol sableux l'effet de l'engrais est intermédiaire par rapport aux deux situations précédentes (dans quatre cas sur cinq la fumure est rentabilisée).

Il n'y a pas de relation étroite entre les techniques culturales et le rendement du témoin ou le gain de rendement dû à la fertilisation. Les dates de semis varient relativement peu pour une année et un site donné, elles se situent entre le 20 juin et le 10 juillet. Tous ces tests ont été semés sans préparation du sol préalable et les sarclages ont été effectués régulièrement (tous les 30 à 35 jours).

Les résultats obtenus en 1987 (les trois villages confondus) ont été analysés par la méthode d'analyse factorielle des correspondances simples (AFC). L'objectif est d'étudier les relations entre la réponse à l'engrais, les caractéristiques du milieu et les techniques culturales. Comme pour les années précédentes aucune placette n'a été labourée avant semis. Les variables retenues sont présentées dans le tableau 37.

L'analyse factorielle fait ressortir une liaison forte entre le type de terrain, le niveau de réponse à l'engrais et le niveau de rendement du témoin (figure 53) :

Tableau 38: Répartition des types de terrain des tests fertilisation NPK par village et rendements du mil en kg/ha (1987).

	Terrain dégradé	Terrain sableux	Terrain gravillonnaire	Terrain argilo-sableux	
Nombre de parcelles tests (total 73)	9	25	12	27	
Répartition par village (%)	Sahouna Boukéré Ziga	56 % 28 % 16 % Sahouna Boukéré Ziga	33 % 33 % 33 % Sahouna Boukéré Ziga	26 % 44 % 30 % Sahouna Boukéré Ziga	
Traitement	Témoin Engrais NPK (50 kg/ha) Engrais NPK (100 kg/ha)	320 440 489(a)	496 663 830 (c)	497 706 848 (c)	(1) NS NS S

NS : non significatif ; S : significatif au seuil 5 %.

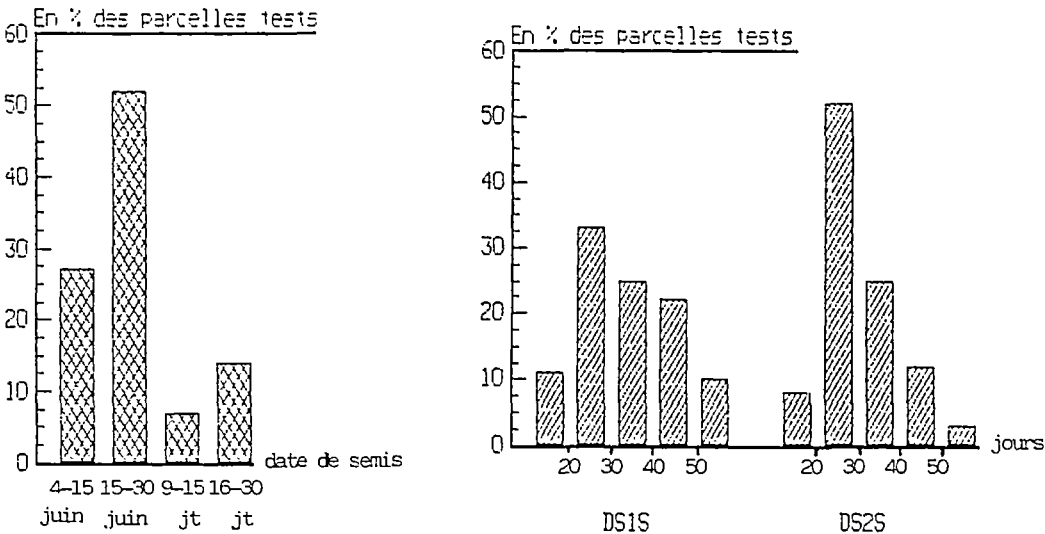
(1) Méthode d'analyse de la variance avec des échantillons d'effectifs inégaux (DAGNELIE, 1970).

- en terrain dégradé l'effet de l'engrais est limité et le niveau de rendement du témoin faible dans la plupart des cas ; dans les terrains argilo-sableux et gravillonnaires au contraire on a en général des rendements des témoins élevés et un effet de l'engrais important, alors qu'en terrain sableux la réponse est plus variable.

La date de semis contribue relativement peu à l'explication de la variation globale. Cela peut s'expliquer par l'existence en 1987 de pluies tardives en septembre. Par ailleurs, nous ne disposons pas d'observations assez précises sur l'enherbement pour expliquer la faible contribution de la variable précocité du premier sarclage [figure 54].

L'analyse des rendements regroupés selon les quatre catégories de terrain (tous villages confondus) confirme les observations précédentes (tableau 38). La différence entre les résultats obtenus en terrain dégradé et ceux obtenus sur les autres types de terrain est facilement explicable : la dégradation de l'état de surface du sol limite la pénétration de l'eau et donc l'alimentation en eau des cultures même en année humide ; l'efficacité de l'engrais est limitée. Les résultats obtenus sur terrains gravillonnaires (sol filtrant, peu profond) sont plus difficilement interprétables. **En année relativement humide**, ces terrains sont jugés productifs par les paysans. Leur profondeur est assez variable (20 à 60 cm) et les racines peuvent selon les cas se développer dans l'horizon induré s'il est fissuré. Le taux

Figure 54 : Variations de la date de semis et de l'intervalle semis - 1er sarclage (DS1S) et 1er Sarclage - 2e Sarclage (DS2S) (test fertilisation NPK - 1987 - 73 répétitions)



d'argile est aussi à prendre en compte, certains sols gravillonnaires renferment plus de 20 % d'argile ce qui accroît nettement leur capacité de rétention en eau. D'autre part les parcelles gravillonnaires sont généralement situées en haut ou milieu de pente et peuvent recevoir une grande partie du ruissellement venant de zones non cultivées et dégradées, situées en amont.

L'écart observé entre les résultats obtenus en terrain sableux et argilo-sableux (pour la dose 100 kg/ha d'engrais) peut s'expliquer par les différences de potentiel de production lié en grande partie à leurs caractéristiques physiques (capacité de rétention) et leur situation dans les toposéquences, les terrains argilo-sableux étant dans des zones plus basses où les apports d'eau de ruissellement sont plus fréquents.

3.4 - Discussion

3.4.1 - Efficience des différents types de fumure

Les résultats obtenus en milieu paysan rejoignent ceux des essais. L'efficacité de la fumure minérale ou organique dépend principalement des conditions d'alimentation en eau des cultures. Celles-ci sont fonction de la pluviosité mais aussi de la situation topographique et du type de terrain des parcelles : ainsi l'efficience de l'engrais peut être importante sur un terrain peu profond mais recevant à chaque pluie une grande quantité d'eau de ruissellement.

A priori les paysans étaient peu intéressés par les tests **burkinaphosphate** en 1986, le produit étant jugé peu efficace, difficile à utiliser (pulvérulent : il faut l'enfouir dans le sol). Le nombre restreint de répétitions de ce test (sur une gamme de terrains à dominante sableuse) limite nos conclusions. Il est reconnu que l'effet d'un phosphatage de fond (400 kg/ha la première année de burkinaphosphate) peut durer au moins 5 à 7 ans si l'on continue ensuite à apporter une fumure phosphatée d'entretien (100 kg/ha/an de BP) [SEDOGO et al., 1982]. Cette fumure d'entretien revient à 3 000 FCFA par an (l'équivalent de 46 kg de céréale) ; les gains de rendement obtenus dans les tests en seconde année permettent facilement de rentabiliser cet investissement. Le problème majeur concernant la diffusion de cet engrais est le système de financement du phosphatage de fond. Par ailleurs, il est nécessaire de préciser les conditions agropédologiques pour lesquelles le burkinaphosphate⁽¹⁾ serait le plus efficace. Ce phosphatage de fond correspond à un **amendement des terrains cultivés** et participe donc à l'entretien et la restauration de la fertilité des sols (partie intégrante du patrimoine national). Comme pour l'aménagement des parcelles et la lutte contre l'érosion en général, l'Etat par l'intermédiaire des organismes de développement pourrait subventionner cet amendement.

(1) Et dans l'avenir les engrais provenant de l'acidification de ce produit.

Les résultats des tests matière organique ainsi que des observations qualitatives des cultures de mil sur des parcelles bien fumées [parcelles de case ou parcase⁽¹⁾] permettent d'émettre quelques conclusions :

- **la matière organique** (généralement la poudrette en milieu paysan) a principalement **un effet sur l'alimentation minérale** des plantes qui peut s'apparenter à celui d'un engrais soluble NPK. Ceci est lié au degré d'humification et à la minéralisation très rapide de la poudrette surtout lorsqu'elle est utilisée à faible dose (< 5 t/ha). Les recommandations d'utilisation de cette poudrette peuvent s'apparenter dans ce cas à celles concernant la fumure minérale NPK ;
- **l'effet est d'autant plus important que les conditions d'alimentation hydrique des plantes sont satisfaisantes.** On a pu observer que les cultures (mil) d'un bon nombre de champs de case bien fumés (5 à 10 t/ha), situés sur des terrains peu profonds sablo-gravillonnaires, ont été totalement échaudées en 1984 et 1985. Les plantes se développent particulièrement bien en début de cycle et ont des besoins en eau plus importants en fin de cycle que les plantes non fertilisées et ou fumées. En revanche pour les mêmes années, les parcelles ayant reçu des parcases, et situées sur sol profond ont particulièrement bien résisté aux stress hydriques en cours et en fin de cycle. Ces parcases se répètent aux mêmes endroits plusieurs fois de suite, permettant alors une accumulation de matière organique et certainement un effet de cette fumure sur la structure du sol ;
- la transformation des résidus culturaux (paille de mil et de sorgho) en compost ou en fumier permet d'augmenter les disponibilités en fumure organique des agriculteurs. Si ces voies sont à encourager on peut toutefois émettre des réserves quant à l'utilisation et la **transformation de toutes les pailles des parcelles cultivées.** Le sol resterait nu durant au moins cinq mois par an, ce qui peut favoriser une dégradation de la structure de l'horizon superficiel (érosion éolienne, baisse de l'activité de la microfaune en début de saison des pluies, et intensification du ruissellement des premières pluies).

3.4.2 - Implication économique de la variabilité de la réponse du mil à l'engrais NPK

Le taux de rentabilité de l'engrais défini précédemment par le rapport V/C varie pour une année donnée avec la différence de rendement due à la fertilisation (annexe 40).

Quels que soient les villages et les années on observe toujours des situations où l'engrais n'est pas rentabilisé ($V/C < 1$). Les histogrammes des valeurs V/C montrent des différences importantes entre villages (figure 55) qui dépendent de la pluviométrie mais surtout de la répartition des différents types de terrain pour ce test.

(1) Parcase : technique de fertilisation des terrains cultivés consistant à sédentariser durant la nuit un troupeau de bovins et/ou de petits ruminants gardé par un berger Peul sur une faible surface (0,2 à 0,5 ha). Des mesures effectuées en fin de saison sèche ont montré que les quantités de déjections animales étaient importantes (de 8 à 10 t/ha à Sabouna sur des parcelles de Mossi, et plus de 20 t/ha dans des parcelles clôturées appartenant à des Peuls). Toutefois en milieu Mossi cette pratique du parcase est en forte régression (un à deux hectares fumés par an à Boukéré et à Sabouna, aucun à Ziga).

Figure 55 : Variation du taux de rentabilité de l'engrais en fonction des villages et des années

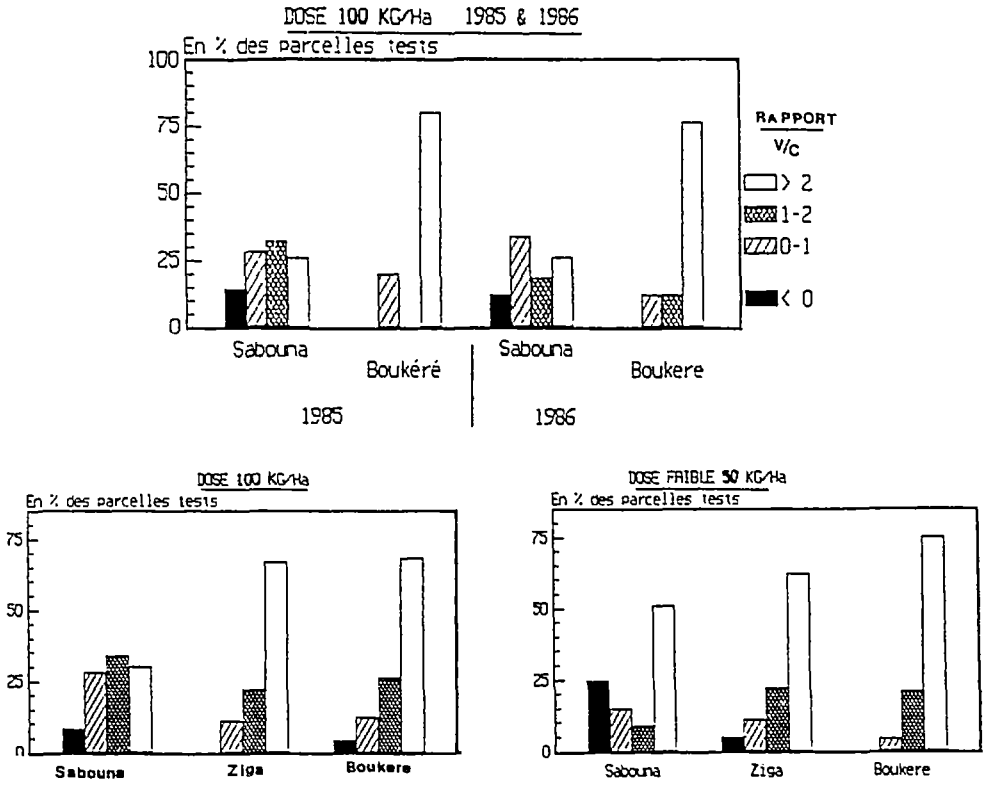
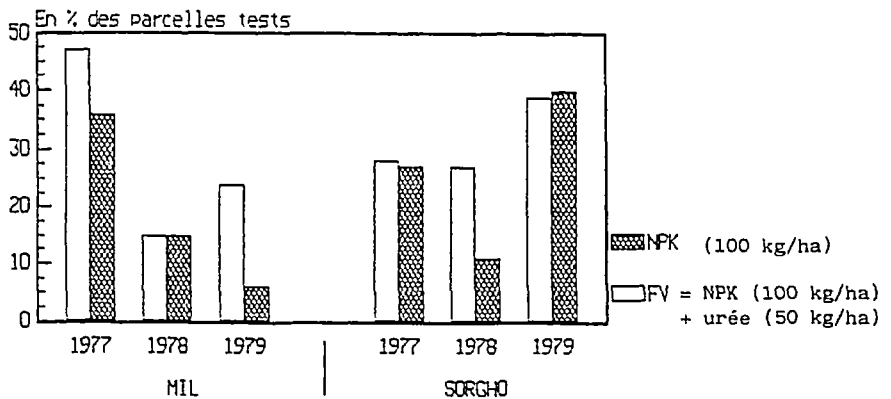


Figure 56 : Proportion des tests où l'engrais n'est pas rentable
Projet national engrais / FAO - Yatenga



Ainsi à Boukéré et à Ziga la part des situations non rentables varie de 4 % à 20 % alors qu'à Sabouna elle se situe entre 37 % et 45 % selon les années. Plus d'une fois sur trois, le producteur à Sabouna ne rentabilise pas son investissement. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par le projet national engrais (1977-1985) dans la province du Yatenga (figure 56).

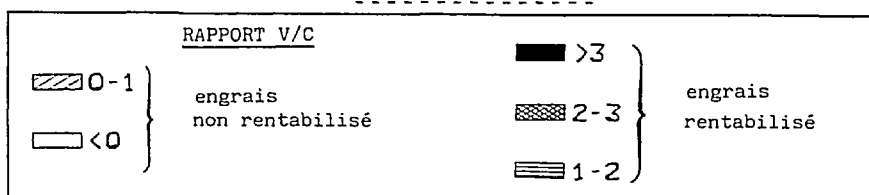
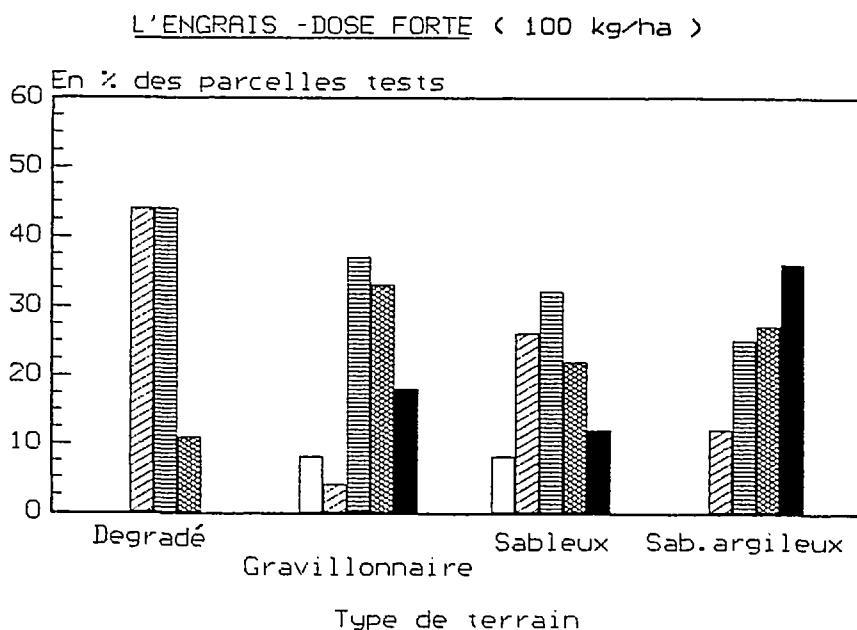
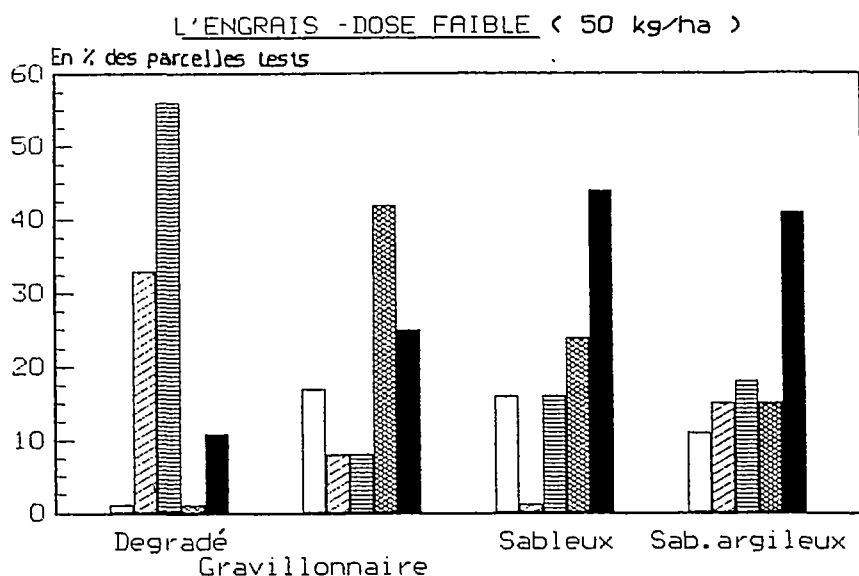
Les histogrammes des valeurs V/C regroupant les résultats obtenus dans les trois villages en 1987 (figure 50) montrent que les risques de non rentabilité de l'engrais sont équivalents pour les deux doses. Une fois sur quatre en moyenne l'engrais n'est pas rentable ; dans ce cas pour la dose forte la perte financière sera deux fois plus importante.

Cette analyse peut être affinée si l'on éclate ces deux échantillons (dose faible, dose forte) selon les catégories de terrain définies précédemment. Les résultats obtenus en 1987 sur terrain dégradé se différencient nettement de ceux obtenus sur les autres terrains. Dans 33 % (dose faible) et 43 % (dose forte) des situations l'engrais n'est pas rentable en terrain dégradé contre moins de 25% pour les trois autres terrains (figure 57). En terrain gravillonnaire les résultats sont plus réguliers et les risques de non rentabilité toujours limités (< 25 % de cas). Ceci est lié aux conditions de pluviosité satisfaisantes en 1987 à Ziga et Sabouna. En année sèche il est probable que ces résultats auraient été beaucoup plus irréguliers et le taux de rentabilité plus faible. Les risques de non rentabilité sont plus faibles dans les terrains sablo-argileux (en 1987) qu'en sol sableux (surtout pour la dose forte). Pour rentabiliser l'apport de 100 kg/ha d'engrais la culture doit se trouver dans de bonnes conditions d'alimentation hydrique (pas ou peu de stress hydrique) qu'il est plus difficile de trouver en sol sableux; les phases de sécheresse y sont rarement atténuées par des facteurs favorables (apport d'eau par ruissellement, évaporation en eau limitée par un couvert arboré plus développé...). L'utilisation de l'engrais NPK (et principalement pour les doses élevées > 50 kg/ha⁽¹⁾) doit intéresser prioritairement les terrains où les conditions d'alimentation hydriques du mil ont une forte probabilité d'être satisfaisantes. Au niveau des exploitations agricoles la mise en œuvre de ces recommandations dépend de la répartition du parcellaire selon le type de terrain, du choix économique de l'agriculteur... Si celui-ci dispose de moyens financiers, il peut choisir au minimum entre trois possibilités d'investissement :

- acheter des céréales pour compléter sa récolte, si possible à une période où les prix sont les plus bas (novembre, décembre) ;
- investir dans une activité économique qui peut dégager un profit plus ou moins rapidement (commerce, élevage...) ;
- acheter de l'engrais en vue d'augmenter sa production céréalière, en espérant que cet investissement sera rentabilisé ($V/C > 1$).

(1) Doses élevées d'engrais NPK (> 50 kg/ha) par rapport aux possibilités financières des agriculteurs du Yatenga. Il faut rappeler que la fumure conseillée pour le mil par les services de vulgarisation est constituée de 100 kg/ha de NPK + 50 kg/ha d'urée.

Figure 57 : Variabilité du taux de rentabilité de l'engrais selon les types de terrain



L'agriculteur décidera de mettre en œuvre une ou plusieurs de ces solutions en fonction d'un compromis entre le taux de rentabilité et le risque économique.

3.4.3 - Comparaison des résultats des essais et des tests portant sur la fertilisation du mil

Il est difficile d'établir une comparaison rigoureuse entre les résultats d'essai et ceux obtenus par les tests dans la mesure où les techniques culturales peuvent être différentes entre ces deux situations et que les conditions de terrain des tests sont très variables. Néanmoins, il apparaît que la fertilisation a dans la plupart des cas une efficacité plus forte dans les essais, pour les mêmes fumures. L'écart de rendement avec les tests varie de 1 à 3 q/ha (tableau 39).

Tableau 39 : Comparaison des résultats des essais et des tests fertilisation.

Type de fumure	Conditions d'alimentation hydrique	Gain de rendement (kg/ha)	
		Essai	Test
Engrais NPK (100 kg/ha)	Défavorable Médiocre Moyenne Favorable	0 150 300 500 à 600	Effet dépressif ou nul] Sabouna, Ziga 200 à 300 Boukéré
Burkinaphosphate* (400 kg/ha 1ère année + 200 kg/ha 2ème année)	Moyenne Favorable	150 200 à 300	80 à 100 150
Poudrette 5 t/ha	Défavorable Favorable	0 400 à 600	Effet dépressif ou nul 300 à 400

* Moyenne sur les deux premières années d'utilisation.

Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées :

- en essai, les techniques culturales associées à la fertilisation favorisent l'alimentation hydrique de cultures (labour systématique, sarclage précoce) ;
- le démariage est réalisé sur les essais entre le 10^e et 15^e jour après la levée, et beaucoup plus tardivement sur les parcelles des paysans. Il a pour effet de limiter la concurrence entre pieds en début de cycle pour l'eau mais aussi pour les éléments minéraux apportés par la fumure ;
- l'engrais NPK est apporté au semis sur tous les essais alors que sur les tests il est épandu 30 à 35 jours après la levée. Dans ce cas l'engrais favorise très peu le tallage utile et n'agit que sur le remplissage de l'épi. La logique paysanne qui implique de n'épandre l'engrais que sur une parcelle bien levée et qui ne risque plus d'être ressemée va à l'encontre de celle de l'agronome qui met en évidence le rôle précoce de l'engrais NPK (principalement du phosphore) dans le développement de la culture et le tallage utile du mil.

CONCLUSION SUR LA FERTILISATION DU MIL

En zone soudano-sahélienne la persistance du déficit pluviométrique ces quinze dernières années a focalisé logiquement les travaux de recherche et de développement sur les problèmes d'adaptation des cultures à la sécheresse. Toutefois il ne faudrait pas négliger les problèmes de fertilité des sols et d'alimentation minérale des plantes. Lorsque les conditions d'alimentation en eau des cultures sont satisfaisantes, les paysans, du fait des carences en azote et en phosphore des sols, voient leurs rendements en mil stagner (4 à 5 q/ha) alors qu'ils espéraient beaucoup mieux vu la bonne répartition des pluies. Dans ces conditions un apport de fumure augmenterait la production, ce qui permettrait de dégager des excédents pour les années à pluviosité déficitaire.

Les résultats d'essais montrent que l'emploi de la fumure associée au travail du sol (labour) permet d'atteindre et même de dépasser le seuil de rendement de 8 q/ha, sauf si le déficit hydrique est très limitant. Le niveau de rendement du témoin non fertilisé varie de 1 à 14 q/ha mais dans 75 % des cas il est inférieur à 8 q/ha. Dans les conditions de terrain du Yatenga (fort ruissellement, battance en surface, dominante des sols sablo-argileux en surface avec enrichissement en argile en profondeur), la fertilisation ne permet pas de tamponner les effets des stress hydriques dans la mesure où le volume de sol colonisé par les racines est souvent limité (front d'humectation à faible profondeur, sol peu épais...). Du fait de conditions de cultures moins favorables en parcelle paysanne (pas de labour, enherbement plus important...), les gains de rendement dû aux différents types de fumure testées sont un peu plus faibles et plus dépendants des aléas climatiques. D'autres possibilités de fertilisation sont à étudier avec les paysans : l'utilisation du phosphate supertriple associé ou non avec un engrais azoté, des fumures organiques plus facilement disponibles que la poudrette ou le fumier comme le compost aérobie (le compostage permet de valoriser différents produits riches en carbone et en cellulose).

L'emploi d'engrais minéraux implique pour le paysan un investissement qui sera plus ou moins rentable à court terme. **Afin de réduire les risques économiques** que prennent les agriculteurs, il est possible de limiter l'utilisation de l'engrais aux terrains où son efficacité est la plus importante et surtout la plus régulière par rapport aux aléas pluviométriques. Ceci pose deux problèmes : comment raisonner l'apport de fumure chez les paysans qui ne possèdent pas de parcelle dans ce type de terrain ? Cette discrimination ne va-t-elle pas marginaliser encore plus les terrains où les conditions d'alimentation hydrique des cultures sont plus aléatoires et moins favorables ?

Nous avons réduit notre analyse aux effets de la fertilisation organique et minérale sur les cultures l'année de son enfouissement dans le sol et parfois l'année suivante (arrière-effet). L'utilisation régulière de fumure minérale associée à une fumure organique permet d'entretenir la fertilité chimique et physique des sols. Bien que l'on ait pas d'élément sur l'évolution de la fertilité des sols de ces essais, on peut s'interroger sur les répercussions à moyen terme de fumures déséquilibrées.

brées uniquement à base de phosphate, ou de phosphate + azote : apparition d'une carence potassique, blocage de certains éléments... D'autre part, le maintien du taux de matière organique des sols n'est possible que si l'on apporte au moins 5 t/ha/2 ans de fumure riche en carbone, en azote et en composés humiques stable (PICHOT et al., 1981) : fumier ou compost. Au niveau d'une exploitation agricole cet apport est difficilement envisageable vu la taille actuelle des troupeaux et la concurrence entre les différentes utilisations des résidus culturaux (paille de mil et de sorgho) [voir V^e partie].

Le souci légitime de rentabiliser les engrais et les faibles disponibilités en fumure organique peuvent entraîner du point de vue de **l'entretien de la fertilité des sols un zonage de l'aire de culture en trois parties** :

- une zone où il n'y aurait aucun apport de fumure car son efficacité serait aléatoire et limitée, le bilan minéral serait négatif et le niveau de fertilité resterait faible et pourrait diminuer. Seule une rotation jachère/culture, difficilement envisageable, permettrait de maintenir ou d'améliorer la fertilité du sol;
- une zone située en bas-fond inondable où les apports de fumure ne sont pas nécessaires. La fertilité des sols se maintiendrait du fait des apports organominéraux dus au ruissellement (sédimentation) ;
- une zone située sur les meilleurs terrains de culture, hors des bas-fond, où la fertilisation serait rentable et permettrait d'intensifier les systèmes de culture. Ce zonage nous renvoie au problème de la gestion globale de la fertilité à l'échelle du territoire villageois, et plus particulièrement à celle des résidus culturaux, des pâturages et des jachères (voir V^e partie).

CONCLUSION DE LA IV^e PARTIE

Du point de vue du développement : les possibilités d'améliorer la production céréalière:

Des travaux menés sur le travail du sol et la fertilisation du mil, il ressort qu'il existe des possibilités d'intensifier la culture du mil (tableau 40).

Tableau 40 : Gains de rendement en mil obtenus par le travail du sol et la fertilisation dans les expérimentations.

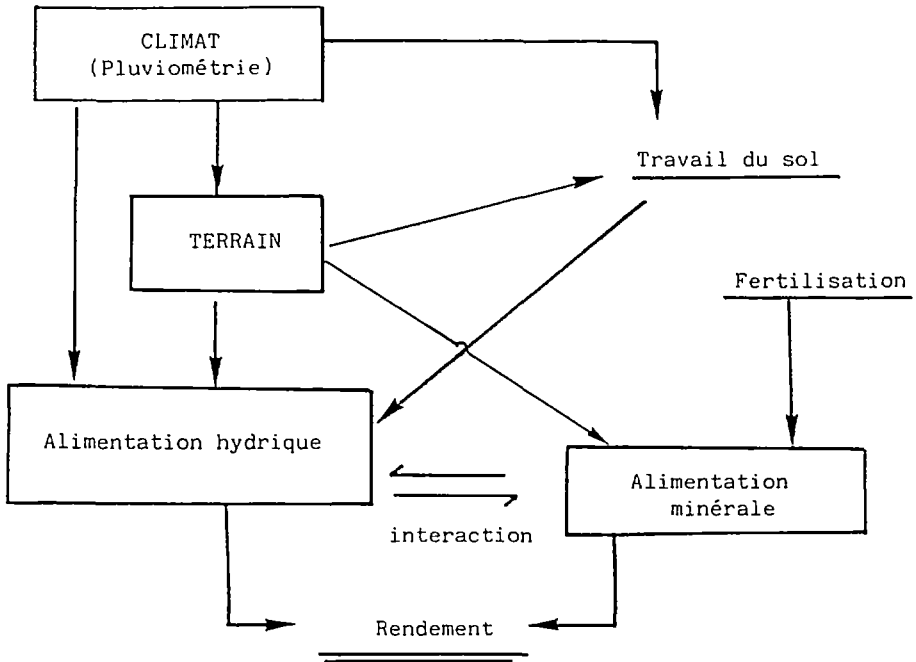
Conditions de milieu climat x terrain	Travail du sol	Fertilisation
Pluviométrie très déficitaire mal répartie (1984) tout type de terrain hors bas-fond	0	0
Pluviométrie déficitaire - terrain dégradé* - terrain peu profond - terrain profond	+ 200 à 350 kg/ha 0 + 200 à 400 kg/ha	0 0 + 200 à 300 kg/ha
Pluviométrie favorable - terrain peu profond - terrain dégradé - terrain profond	0 à 100 kg/ha 100 à 300 kg/ha 200 à 300 kg/ha	+ 200 à 300 kg/ha + 200 à 300 kg/ha + 400 à 700 kg/ha

* Terrain dégradé : terrain sablo-argileux très sensible à la battance, horizon de surface en cours de décapage.

Lorsque les conditions d'alimentation hydrique sont très limitantes (sécheresse de 1984, pluviométrie < 350 mm), les possibilités d'améliorer la production des systèmes de culture pluviaux stricts, sans avoir recours à l'irrigation de complément, sont quasiment inexistantes. De même lorsque les paysans ont dû semer ou ressemer une partie du parcellaire très tardivement en fin juillet, l'intensification sur ces parcelles est difficilement envisageable et très risquée. Dans ce cas les agriculteurs ne disposent pas de solution de rattrapage du fait de la brièveté de la saison des pluies. Au mieux ils peuvent espérer que le mois de septembre et le début d'octobre seront pluvieux.

La qualité des terrains et leur comportement vis-à-vis de l'eau (pluie et ruissellement) déterminent fortement la réponse du mil aux techniques d'intensification. Les cultures en terrain peu profond ne valorisent pas ou uniquement en année pluvieuse ces techniques. En revanche on a pu montrer qu'il était possible de restaurer la fertilité des sols en voie de dégradation ou totalement dégradés.

Figure 58 : Interaction entre alimentation hydrique et minérale d'une culture de mil



Nos conclusions sont limitées par le fait que l'interaction entre l'amélioration de l'alimentation hydrique et de la fertilisation du mil n'a pas été directement étudié en expérimentation. Néanmoins nous avons pu mettre en évidence qu'il fallait associer ces deux niveaux d'intervention si l'on voulait augmenter les rendements et limiter leur variabilité face aux aléas climatiques. Les effets du travail du sol et de la fertilisation varient avec la pluviosité et le type de terrain. Ces deux facteurs déterminent, avec le travail du sol, les conditions d'alimentation en eau des cultures qui jouent un rôle prépondérant dans la valorisation par les cultures des fumures organique et minérale (figure 58).

La mise en œuvre d'une ou d'un ensemble d'innovations techniques dépend très souvent de **conditions technico-économiques** difficilement compatibles avec les moyens de production de la majorité des exploitations agricoles de ces villages. Le travail du sol nécessite la **traction animale** ; la fertilisation minérale des **moyens financiers** et un circuit d'approvisionnement en engrais ; la fumure organique à une échelle significative implique la présence d'un **troupeau important**. En plus de ces investissements, l'intensification des cultures augmente la charge de travail par unité de surface.

Si les expérimentations et leur évaluation par les producteurs ont pu mettre en évidence des contraintes à la mise en œuvre et à la diffusion de ces innovations, elles permettent par ailleurs d'envisager **des voies d'amélioration de la production céréalière**. Les problèmes d'alimentation hydrique des cultures sont liés dans la plupart des situations à un ruissellement important, qui dépend principalement de l'état de la surface du sol et de la vitesse d'infiltration de l'eau (la pente est relativement faible, inférieure très souvent à 1%). Outre les techniques d'aménagement qui ralentissent le ruissellement sur la parcelle, un travail du sol superficiel aux dents plus facile à mettre en œuvre qu'un labour, permet d'améliorer cette infiltration. Le ruissellement peut être considéré à la fois comme un facteur limitant (que l'on peut atténuer) lorsqu'il y a une perte d'eau et un atout lorsque la parcelle reçoit un apport hydrique de l'amont. Là encore il faut se situer à l'échelle du bassin versant et du village pour analyser ces flux et les valoriser dans le cadre d'un aménagement de l'espace. Il en est de même pour l'entretien de la fertilité des sols cultivables. Actuellement on constate un bilan négatif entre, d'une part, les apports d'éléments minéraux et organiques et d'autre part, les exportations par les cultures et les pertes dues à la minéralisation de la matière organique, au ruissellement et au drainage. Une gestion plus rationnelle des résidus culturaux (donc des troupeaux) et une augmentation de la surface cultivable et de pâturage par régénération des sols décuplés permettraient de rééquilibrer ce bilan de fertilité. L'objectif de la cinquième et dernière partie de ce document sera d'analyser ces différentes voies d'amélioration de la production céréalière et de les confronter aux capacités technico-économiques des agriculteurs.

Du point de vue des méthodes d'expérimentation :

La définition des thèmes d'expérimentation et la mise au point des protocoles en collaboration avec les producteurs ne sont pas toujours chose facile. Si les priorités de l'agronome et celles des paysans sont globalement identiques, les voies

envisagées pour résoudre les problèmes peuvent être divergentes. Les paysans souhaitent plutôt modifier un seul élément du processus de production afin de perturber le moins possible leurs pratiques et donc de ne pas modifier leurs stratégies de conduite des cultures. Par exemple, ils demandent très rapidement des variétés sélectionnées (si possible précoces et « résistantes à la sécheresse »), qui pourraient très facilement remplacer les leurs si elles s'avéraient plus performantes. Ceci est rarement le cas dans la mesure où les conditions de production (eau, fertilité) n'ont pas évolué ; l'épandage de fumure organique à une dose raisonnée leur paraît intéressante mais ne doit pas modifier leur pratiques de travail du sol. Inversement l'agronome et le vulgarisateur ont tendance à proposer un ensemble de techniques (« paquet technologique ») indispensables et indissociables, considérées comme un tout et devant aboutir à une augmentation de la production. Nous avons pu entrevoir que ce type de démarche est peu réaliste actuellement et difficilement applicable par les producteurs.

En reprenant la logique paysanne exposée ci-dessus, nous avons préféré aborder les thèmes séparément, en essayant d'approfondir chacun d'eux afin de proposer des alternatives aux techniques habituellement vulgarisées (labour, fumure minérale forte 150 kg/ha, variétés sélectionnées). Cette démarche pragmatique a aussi ces limites : elle ne tient pas compte des interactions entre les facteurs (alimentation hydrique, alimentation minérale, cf. supra). Par ailleurs la mise au point d'une technique doit se raisonner par rapport à l'itinéraire technique dans lequel elle s'inscrit. Cet aspect n'a pas été assez pris en considération dans la mise au point des protocoles expérimentaux, par exemple le thème « travail du sol » est indissociable de ceux portant sur la date de semis et sur la maîtrise des adventices.

L'interprétation de nos résultats a souffert d'une définition peu précise des types de terrain et d'une absence de stratification, selon cette typologie, des sites d'expérimentation en milieu paysan. A priori nous avons laissé aux producteurs le choix de la localisation de ces sites. Le nombre élevé de thèmes d'expérimentation (jusqu'à huit tests différents la même année⁽¹⁾) proposés aux paysans, et le taux d'échec plus ou moins importants (abandon des tests, dégâts dus aux sauteriaux...) ont limité le nombre de répétitions pour certains tests. Dans ce cas la stratification selon les différents types de milieu à posteriori est délicate voire impossible (certains terrains ne sont pas représentés).

Les résultats que l'on a obtenu montrent la nécessité de prendre en compte la diversité du milieu physique (terrain, climat) et donc de poursuivre les expérimentations durant plusieurs années. Cette nécessité implique pour l'agronome de réduire le nombre de ces thèmes d'intervention, donc de bien hiérarchiser les problèmes afin de répondre à ceux qui sont prioritaires. Ceci n'est possible que si le diagnostic préalable est pertinent et que si les paysans partenaires de l'agronome sont bien conscients de ces priorités.

(1) Aux tests et essais présentés ici, il faut ajouter des expérimentations portant sur les variétés sélectionnées, les associations de culture, les herbicides (sorgho), l'introduction d'espèce comme le *Phaseolus aureus* (ambérique). Cette relative dispersion, coûteuse en temps de travail n'a pas toujours apportée pour ces thèmes des solutions intéressantes pour les paysans.

CINQUIEME PARTIE

QUELQUES PROPOSITIONS POUR AMELIORER LA PRODUCTION CEREALIERE AU YATENGA

*« Adéquation entre propositions techniques visant à intensifier
les systèmes de culture et capacités des exploitations agricoles à les adopter »*

CHAPITRE I :

**Quelques propositions techniques visant
à augmenter la production céréalière**

CHAPITRE II :

**Réflexions sur la mise en œuvre
des innovations techniques proposées :**

- les stratégies de développement de la production agricole
- la nécessité d'une démarche de recherche-développement

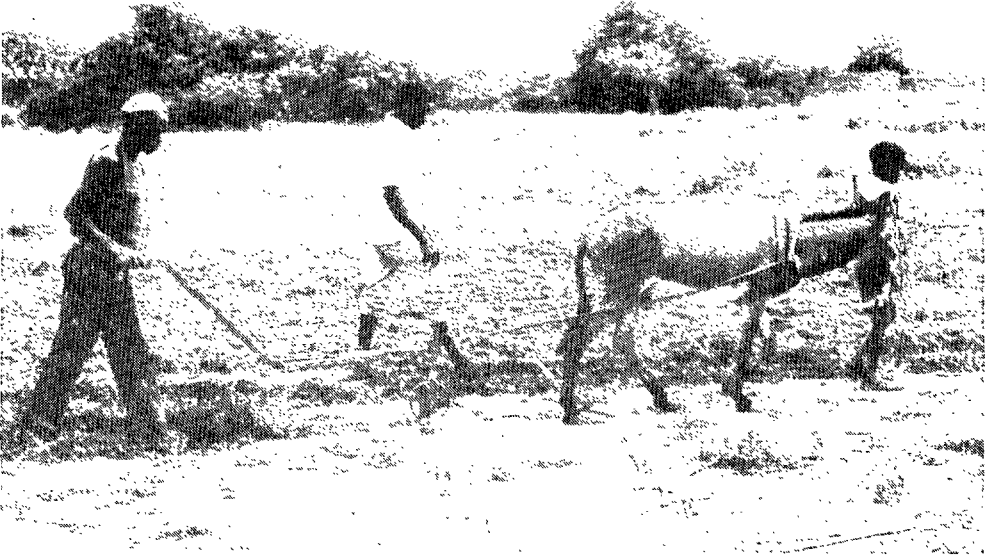


Photo 7 : Sarclage mécanique effectué par une houe-manga et un âne. Cet équipement, peu coûteux à l'achat et à l'entretien, constitue la base d'une relance de la culture attelée au Yatenga.

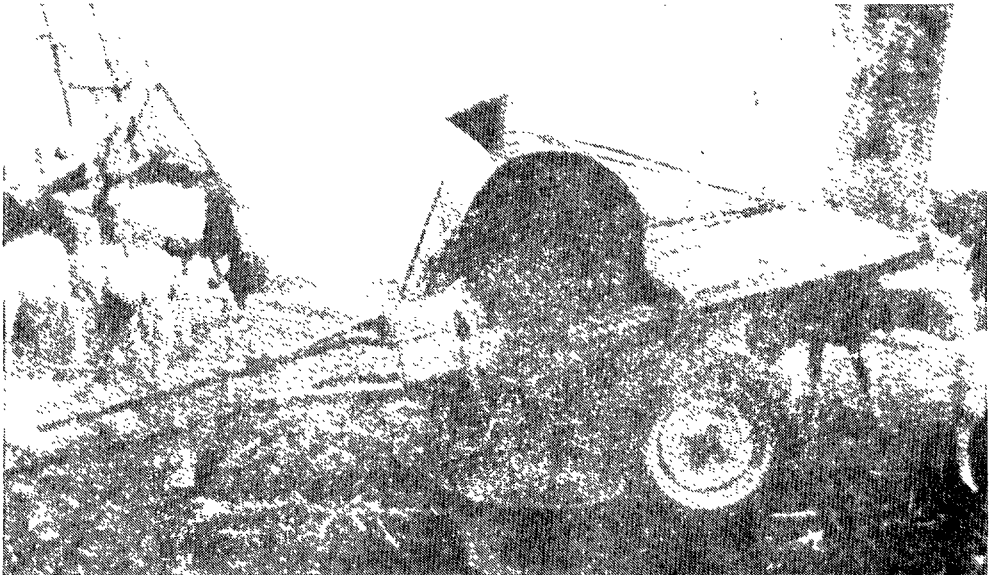


Photo 8 : Charrette asine transportant un fût de 200 litres d'eau. La charrette (asine ou bovine) est indispensable à la mise en oeuvre de plusieurs innovations techniques (transport du fumier, des résidus de récolte, des pierres pour les aménagements, du foin...) d'où l'importance des opérations de crédit " charrette" (individuelles ou collectives).

Quelques propositions pour améliorer la production céréalière au Yatenga

« Adéquation entre propositions techniques visant à intensifier les systèmes de culture et capacités des exploitations agricoles à les adopter ».

INTRODUCTION

Des innovations techniques visant à intensifier ou stabiliser la production vivrière ont été expérimentées dans le cadre du projet de Recherche-Développement du Yatenga (IV^e partie). Durant cette phase du programme, des innovations sont apparues techniquement satisfaisantes, d'autres peu efficaces ou trop risquées du point de vue économique.

Les paysans ont pu tester ces innovations sur de petites surfaces (100 à 1 000 m²) et se faire une opinion sur chacune d'entre elles, opinions qui ont été largement débattues lors de visites de groupe sur les terrains d'expérimentation. Cette évaluation empirique vient compléter l'évaluation scientifique des résultats, entreprise classiquement par l'agronome.

Toutefois ce processus de mise au point de références techniques associant paysans et chercheurs, n'aboutissait pas toujours aux résultats escomptés. Les innovations qui étaient jugées prometteuses par les paysans la première année, n'étaient pas reprises l'année suivante ou se limitaient à de petites surfaces rappelant celles des tests expérimentaux (variétés sélectionnées par exemple). Trois hypothèses principales peuvent expliquer cette faible diffusion des innovations techniques :

- certaines innovations techniques nécessitent pour leur mise en œuvre des moyens financiers qui sont rarement disponibles. Par ailleurs la rentabilité de ces investissements peut être aléatoire (fumure minérale, matériel agricole) ;
- d'autres s'insèrent difficilement dans le calendrier de travail de l'exploitation agricole (labour...), le changement d'échelle, du test à la parcelle, s'effectue difficilement ou il est quasi impossible à réaliser (billonnage cloisonné manuellement par exemple) ;
- des techniques qui s'étaient avérées performantes en expérimentation ne répondaient pas à un besoin des producteurs (culture pure de niébé) ;
- enfin des innovations ne peuvent pas être diffusées sans des conditions minimales d'appui aux producteurs : la fourniture d'intrants, l'aide à l'organisation collective des paysans (entraide pour les travaux d'aménagement antiérosif, matériel agricole commun).

A ces causes principales de non diffusion (ou de difficulté d'appropriation) des innovations proposées correspondent deux caractéristiques essentielles du fonctionnement de la majorité des exploitations agricoles enquêtées :

- du fait des risques de non satisfaction des besoins vivriers de leur famille, liés aux aléas climatiques, les paysans considèrent qu'il faut développer et entretenir des liens économiques avec les régions où il est possible de dégrader des surplus monétaires. Ceci implique de répartir la main-d'œuvre familiale entre l'exploitation du Yatenga et les activités en zone d'immigration ;

- parallèlement à ces stratégies économiques, la plupart des agriculteurs restent très attachés à leur métier et à leur village. Leur objectif principal reste l'autosuffisance alimentaire. Pour l'atteindre, ils estiment qu'il faut privilégier des stratégies de production anti-aléatoire.

Face à ce constat un travail d'animation d'un groupe de paysans de référence a été entrepris dans les trois villages d'étude à partir de 1986. Le projet de Recherche-Développement a pu ainsi leur apporter un appui technico-économique (crédit, approvisionnement, formation, conseil technique personnalisé) qui prend en compte les caractéristiques des exploitations agricoles (qualité des terrains de culture, capacité d'investissement, matériel disponible...). Cette opération est trop récente pour que les éléments de son évaluation soient fiables. Nous ne présenterons donc dans cette dernière partie que les voies d'amélioration de la production vivrière qui nous semblent les plus pertinentes actuellement.

La discussion sur l'intérêt des solutions que l'on peut proposer aux producteurs doit s'établir en trois temps :

- quelles modifications au niveau des systèmes de production va entraîner la mise en œuvre de ces solutions ? Quelles sont leurs conditions d'application à cette échelle ?
- ces modifications sont-elles compatibles avec les moyens de production dont les paysans peuvent ou pourraient facilement disposer ?
- comment s'insèrent ces propositions par rapport aux différents niveaux d'analyse : la parcelle, le territoire villageois, la région ?

CHAPITRE I

QUELQUES PROPOSITIONS TECHNIQUES VISANT A AUGMENTER LA PRODUCTION CEREALIERE

Avant de présenter ces propositions il est nécessaire de bien resituer nos travaux par rapport au contexte global : le village et la région. Ce préalable permettra de discuter des limites de nos résultats et des axes de recherche future.

1 - REPRESENTATIVITE DE L'ECHANTILLON D'EXPLOITATIONS ETUDIEES ET LE CHOIX DES THEMES DE RECHERCHE

Des enquêtes portant sur la totalité des exploitations agricoles de Boukéré et de Sabouna (M.J. DUGUE, 1986 et 1987) et sur cinquante exploitations de Ziga (FOUSSE, 1982) permettent de situer notre échantillon par rapport à la diversité des situations existantes dans ces trois villages.

A Boukéré, nous avons vu que le choix des exploitations agricoles repose à la fois sur une typologie établie au préalable et sur la base du volontariat des paysans. Tous les types d'exploitations sont représentés sauf celui qui regroupe les exploitants âgés disposant de peu de main-d'œuvre.

A Sabouna et Ziga, notre échantillon, provenant exclusivement d'une démarche volontariste des paysans, privilégie les exploitations possédant du matériel agricole. Mais la culture attelée ne concernant que de petites surfaces (sauf dans certaines exploitations de Ziga), la majorité du parcellaire est cultivée manuellement quels que soient les types d'exploitations. Le nombre important de matériels inutilisés ou peu utilisés dans ces deux villages et la forte représentation des exploitations mécanisées dans notre échantillon sont par ailleurs des atouts pour une discussion sur les possibilités de relance de la culture attelée au Yatenga.

Corrélativement⁽¹⁾, la taille des troupeaux des exploitations enquêtées est en général plus importante que celle de l'ensemble des exploitations du village (annexe 41) principalement à Ziga et Sabouna. Une seule exploitation de notre échantillon ne possède aucun animal, alors que près de 15 % des paysans de ces deux villages n'ont plus d'animaux actuellement.

Outre le niveau d'équipement et la taille du troupeau, l'accès à la terre est un critère de différenciation important entre les exploitations. Notre échantillon prend bien en compte cette diversité de situations foncières à Boukéré (où tous les quartiers sont représentés) à Sabouna (où notre échantillon est constitué d'exploitations des quartiers Fulsé et Mossi) et à Ziga (où les principaux lignages sont représentés).

(1) Les bœufs de trait et les ânes représentent plus de la moitié des UBT des trois villages (Ziga 63 %, Sabouna 60 %, Boukéré 56 %)

Tableau 41 : Degré d'utilisation du matériel de culture attelée en 1987.

	Sahouna	Boukéré	Ziga	Total
Nombre d'exploitation ayant utilisé du matériel de culture attelée en 1987	11	6	16	33
Matériel utilisable				
charrue	14	3	8	25
houe, sarceleuse*	3	6	14	23
Nombre de jours total d'utilisation/an				
moyenne	5,5	4,5	14	9
(mini.-maximum)	(1-15)	(2-7)	(3-25)	(1-25)
<u>Préparation du sol avant semis</u>				
Nombre d'exploitations	11	6	15	32
Nombre de jours consacrés à la préparation du sol				
moyenne	4	1,5	7	5
(mini.-maximum)	(1-11)	(1-3)	(2-15)	(1-15)
% de jours après le 15 juillet	29	75	44	43
Nombre de jours disponibles avant le 15 juillet	6	4	7	-
<u>Sarclage mécanique</u>				
Nombre d'exploitations	3	5	14	22
Nombre de jours consacrés au sarclage				
moyenne	7	3	8	7
(mini.-maximum)	(6-8)	(1-5)	(3-15)	(1-15)
Nombre de jours disponibles** du 15 juillet au 31 août	30	28	35	

* Sans compter le matériel prêté pour le projet R-D.

** Jours favorables au passage de la houe-sarceleuse (sol pas trop sec ni trop humide).

En conclusion, les exploitations peu intégrées aux opérations de développement passées ou en cours dans les trois villages sont sous-représentées dans notre échantillon (paysans âgés, ou, n'ayant pas eu accès au crédit agricole et possédant peu d'animaux).

Les trois villages étudiés ne représentent pas non plus toute la diversité des systèmes agraires du Yatenga (M.J. DUGUE, 1987). Les trois villages d'étude sont représentatifs de trois régions du Yatenga : le Centre-Sud (Ziga), le Centre-Nord (Sabouna) et la zone périphérique ouest (Boukéré). Une région au moins montre des caractéristiques très différentes qui nécessiteraient un travail spécifique en vue d'élaborer des propositions pour le développement : le Nord-Yatenga (à dominante élevage, et d'éthnie Peul) [ELLASSER, 1988]. Les problèmes agricoles de la région sud sont en revanche assez proches de ceux rencontrés à Ziga.

Sans revenir sur le choix des thèmes de recherche et d'expérimentation (IV^e partie), il est nécessaire de rappeler que nos travaux ont porté sur l'amélioration de la production céréalière, principalement celle des systèmes de culture de glacié. L'amélioration des systèmes de culture de bas-fond est apparue délicate du fait des excès d'eau qui sont difficilement maîtrisables sans un aménagement adéquat (du type digue filtrante...). Ceci n'exclut pas de poursuivre des recherches dans ce domaine ainsi que pour d'autres systèmes que nous n'avons pas abordés (maraîchage de contre saison, arboriculture en bord de bas-fond...)

2 - QUELQUES PROPOSITIONS POUR AMELIORER

LA GESTION DE L'EAU AU NIVEAU DE LA PARCELLE

L'amélioration de l'alimentation hydrique des cultures est apparue tout au long de notre étude comme le préalable indispensable à l'augmentation de la production vivrière.

2.1 - La culture attelée et le travail du sol : solutions viables pour l'agriculteur du Yatenga ou utopie d'agronome ?

a) Un matériel sous utilisé

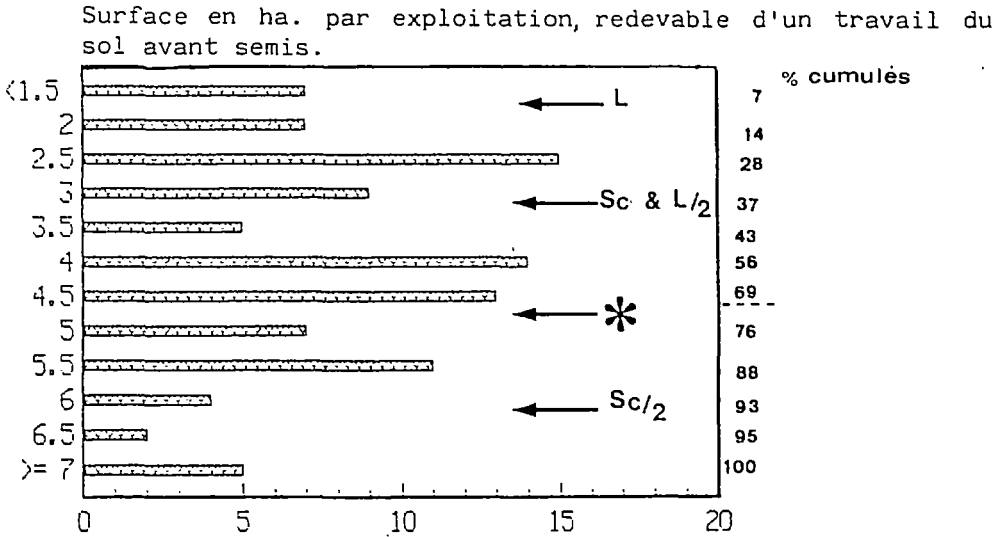
La vente ou la disparition des animaux de trait sont les raisons principales de la non utilisation du matériel. En 1987, tous les paysans enquêtés possédant du matériel et des animaux de trait ont pratiqué la culture attelée. L'évaluation de l'utilisation de cet équipement au niveau des exploitations amène aux mêmes conclusions que celles obtenues précédemment au niveau parcellaire (tableau 41). Le matériel est peu utilisé :

- surtout à Sabouna et Boukéré, généralement moins de cinq jours par an par exploitation. Ceci est lié aux stratégies des paysans et au fait que dans ces deux villages le sarclage mécanique, qui permettrait de valoriser le matériel sur une plus longue période, n'est pas ou peu pratiqué. Dans ces conditions, la surface travaillée avant semis est réduite (moins de 20 % de la surface qui pourrait être travaillée⁽¹⁾) ;

(1) Surface où le passage des outils de culture attelée est possible ce qui exclut les zones de bas-fond au sol argileux et engorgé.

FIGURE 59 : Comparaison entre la surface pouvant être effectivement travaillée -en fonction du nombre de jours disponibles et selon diverses modalités- et la répartition des surfaces par exploitation redevables d'un travail du sol.

. (1987, 6 jours disponibles avant le 15 juillet).



Hypothèses de travail

L : Labour

L/2 : labourer une année sur 2

Sc : Scarifiage

Sc/2 : Scarifier une année sur 2

* : Hypothèse retenue :

Préparer le sol sur la moitié du parcellaire chaque année
 . Labourer (la moitié des jours disponibles)
 . Scarifier (l'autre moitié du temps).

Labour 0,25 ha/jour

Scarifiage 0,5 ha/jour.

- à Ziga, la culture attelée concerne un plus grand nombre de jours et une plus grande surface pour la préparation du sol (43 % de la surface potentielle) et le sarclage (77 %).

Inversement quatre exploitations utilisent au maximum leur équipement et travaillent le sol pendant plus de huit jours par an avant le 15 juillet. Or avant cette date, le nombre de jours disponibles pour ces travaux est de six à Sabouna et sept à Ziga. Une partie du travail du sol a donc été réalisée dans de mauvaises conditions (sol trop sec) [annexe 42].

b) Les limites de la préparation du sol en humide

Le nombre de jours disponibles avant le 15 juillet pour la préparation du sol dans de bonnes conditions d'humidité est fonction de la répartition des pluies. Pour la période 1970-1987, il varie de 2 à 10 (moyenne 7). En prenant comme exemple l'année 1987, il est facile d'évaluer la surface potentiellement labourable ou scarifiable de chaque exploitation et de la comparer à la surface pouvant effectivement être préparée par un attelage (une paire de bœufs) [figure 59].

Seulement trois exploitations de petite taille sur cinquante cinq auraient pu en 1987 labourer toute leur surface potentiellement travaillable. Il est donc nécessaire d'envisager d'autres solutions :

- travailler le sol en humide une année sur deux ;

- pratiquer sur une partie ou la totalité de la surface concernée le scarifiage de préférence au labour qui demande plus de temps, même si ce dernier entraîne un gain de rendement supérieur. Il est possible d'utiliser au niveau d'une même exploitation ces deux types de travail du sol qui n'ont pas les mêmes effets. Le labour pourrait être réservé aux parcelles les plus compactées ou aux zones à intensifier ;

- enfin, préparer le sol uniquement sur la ligne de semis (bande de 40 cm de largeur) ce qui diviserait par deux le temps de travail⁽¹⁾.

En prenant comme hypothèse que la moitié de la surface serait travaillée chaque année, pour moitié du temps avec une charrue et pour l'autre moitié avec une houe manga, 69% des exploitations enquêtées auraient pu mettre en œuvre cette solution. Pour les exploitations de grande taille (supérieure à 8 ha), la mise en œuvre de cette hypothèse demanderait l'acquisition d'un deuxième attelage et mobiliserait de quatre à six actifs pour la préparation du sol ; les autres membres de la famille (deux à six actifs) effectuant les semis. Du fait du souci constant des paysans de semer le plus rapidement possible, il apparaît très peu probable que ces exploitants, même les plus aisés, utilisent un deuxième attelage.

En moyenne, l'agriculteur pourra au mieux travailler le sol sur la moitié (parfois le tiers) de la surface labourable ; il devra donc faire des choix en fonction des types de

(1) Cette alternative technique n'a pas été expérimentée.

terrain de son parcellaire et de ses stratégies qu'il souhaite mettre en œuvre (travailler le sol sur une parcelle dégradée en cours d'aménagement...). Nous avons vu que la réponse du mil au travail du sol est fonction du type de terrain et de la répartition des pluies (elle est plus faible dans les sols filtrants, très sableux ou gravillonnaires).

c) Des possibilités de développer les sarclages mécaniques et le travail du sol au cours du cycle cultural

Le nombre de jours disponibles au 1987 pour les travaux d'entretien des cultures durant la période 15 juillet- 31 août varie selon les villages de 28 à 35 jours. Les exploitations effectuant ces travaux mécaniquement, n'utilisent le matériel de sarclage que pendant sept jours en moyenne, et seulement six d'entre elles, toutes de Ziga, durant une période comprise entre 10 et 12 jours.

Nous avons déjà évoqué les raisons de cette faible diffusion du sarclage mécanique provenant plus d'une mauvaise maîtrise des techniques que d'une stratégie visant à privilégier le sarclage manuel. Les possibilités d'extension de cette pratique chez les exploitants déjà équipés, et de diffusion du matériel chez les autres, sont certainement très importants dans ces villages et au Yatenga en général. Cette diffusion sera facilitée par le faible prix de l'équipement de base : une houe manga (30 000 FCFA) et un âne (20 000 FCFA) souvent présent pour le transport.

Cet équipement peut être, par la suite, complété par des accessoires permettant de réaliser un labour ou un buttage. Les essais et les tests en milieu paysan ont montré l'intérêt des techniques comme le buttage, le buttage cloisonné et le binage réalisés au cours du cycle cultural. Leurs effets sont moindres voire nuls lorsque le sol est très filtrant. Là encore, l'agriculteur devra faire des choix et privilégier les parcelles où le ruissellement est important⁽¹⁾.

d) Favoriser le démarrage des cultures

Les techniques culturales sont d'autant plus efficaces qu'elles favorisent le développement des cultures durant le premier mois de végétation. Nous avons vu que les stratégies des paysans et le nombre de jours disponibles limitent considérablement la surface travaillée avant le semis. Des alternatives à la préparation du sol en humide, visant à favoriser l'implantation et le développement des cultures, sont envisageables :

- le travail du sol en sec améliore l'infiltration des premières pluies. Il peut être réalisé durant toute la saison sèche (annexe 29) et nécessite une force de traction importante (une paire de bœufs bien alimentée) ;

(1) Lorsque le ruissellement en nappe est très important, ces techniques de buttage ou de binage doivent s'accompagner obligatoirement d'un aménagement de la parcelle. Sinon, le ruissellement peut détruire les buttes ou billons, ce qui a pour effet d'accroître la quantité de terre érodée.

- le buttage (cloisonné ou non), qui a un arrière-effet important en début de saison des pluies par limitation du ruissellement, lorsque le sol n'est pas trop sableux (dans ce cas les buttes ont tendance à s'éroder voire à disparaître après une saison sèche).

e) L'évolution possible de la politique de développement de la culture attelée au Yatenga

J.Y. MARCHAL écrivait en 1983 : « Le matériel de culture attelée n'intéresse pas le paysannat » (p. 819),... « la traction attelée profite essentiellement à quelques rares privilégiés qui disposent d'un petit capital de provenance extra-agricole »... « la culture attelée concourt à l'accroissement de la superficie cultivée et non à l'intensification ».

Sans entrer dans un débat polémique, on a pu montrer que lorsque la saturation foncière limite l'accroissement des superficies cultivées, la culture attelée n'a (logiquement) plus d'effet d'extensification. L'augmentation durant les vingt dernières années des surfaces cultivées par actif a été une règle générale dans tout le Yatenga et la culture attelée, qui est surtout concentrée dans le Centre Yatenga a peu ou pas participé à cette évolution. Mais il faut reconnaître que la diffusion de la culture attelée qui est récente dans cette région (1960-1965) n'a pas donné pour le moment les résultats escomptés (BILLAZ, 1982). On peut avancer quelques raisons ayant entraîné cet échec :

- le choix du matériel proposé aux paysans n'a pas toujours été judicieux. On a privilégié la charrue⁽¹⁾ et le matériel lourd et onéreux (multiculteur) au détriment de la houe manga ;
- la vente à crédit par l'ORD du matériel et des animaux de trait n'était pas suivie d'un programme de formation et de valorisation de cet équipement.

La comparaison des surfaces travaillées à Sabouna en 1983 et 1987 montre nettement un recul du labour dans ce village ; parallèlement, les paysans sont de plus en plus demandeurs d'outils de sarclage mécanique. De même, à Ziga, les surfaces préparées avant semis ont régressé alors que le sarclage mécanique s'est pratiquement généralisé à toutes les exploitations mécanisées de notre échantillon (annexe 43).

Cette évolution va dans le sens de nos propositions. Comment la renforcer, l'accélérer afin de réduire la pénibilité des travaux de sarclage et d'améliorer leur efficacité.

Si la priorité est d'intéresser le plus grand nombre d'agriculteurs en leur proposant une technique peu contraignante (le sarclage mécanique) et l'investissement minimum, il faut aussi répondre à la demande des paysans qui ont déjà dépassé ce stade. Différents niveaux d'utilisation des équipements sont à vulgariser : du simple sarclage mécanique à un itinéraire technique totalement mécanisé.

(1) En 1982 on comptait au Yatenga 5 000 charrues et 1 600 houes manga (DUGLÉ, 1985). Dans les années 70, les surfaces cultivées en arachide étaient plus importantes et certains paysans ont acheté des charrues (au comptant auprès des commerçants) dans le but d'améliorer la production de cette culture qui était achetée par l'ORD.

Il semble indispensable avant toute relance de la culture attelée au Yatenga d'étudier sa rentabilité économique et donc les gains de production qu'elle engendre⁽¹⁾ qui peuvent avoir plusieurs origines:

- directement, en améliorant les conditions d'alimentation en eau des cultures ;
- indirectement, par le temps dégagé pendant la période de sarclage (du 15 juillet au 15 août) qui pourrait permettre d'engager des travaux d'agroforesterie⁽²⁾ favorables à la fertilité des sols ;
- indirectement, l'entretien des animaux de trait à la concession permet de valoriser une partie des résidus cultureux et d'augmenter le disponible de fumure organique (voir ci-après) ;
- enfin, l'amélioration de l'alimentation des boeufs de trait permettrait d'accentuer notablement le prix de vente des animaux réformés.

f) Quelles propositions pour les exploitations en culture manuelle ?

La grande majorité des agriculteurs du Yatenga ne possède pas de matériel de culture attelée (de 90 % à 50 % selon les villages). MARCHAL (1983) proposait à ces paysans ne possédant qu'une daba, d'améliorer leurs sarclages, de mieux les soigner en créant une multitude de buttes qui limiteraient le ruissellement, comme cela se faisait antérieurement. Les résultats des tests de ces techniques manuelles, la réduction de la taille du groupe de travail donc de son efficacité, et le souhait des paysans de cultiver manuellement la plus grande surface possible font qu'actuellement ces propositions sont peu réalistes. Est-il possible d'infléchir cette tendance ? Par exemple en développant des zones d'intensification de faible surface où seraient concentrés le travail manuel (aménagement, sarclages précoces et soignés) et les intrants. Le reste de l'exploitation serait alors conduit dans une logique antialéatoire, proche de celle mise en œuvre actuellement (cf. infra).

Si la diffusion de techniques manuelles de travail du sol n'est guère envisageable, ces agriculteurs peuvent améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol et l'alimentation hydrique de leur culture en aménageant leurs parcelles petit à petit à l'aide de blocs de cuirasse et/ou de plantes pérennes. Nous changeons alors d'échelle et passons à l'aménagement du paysage ou du bassin versant.

(1) : L'augmentation de la rentabilité des équipements de culture attelée peut aussi passer par l'accroissement de la durée d'utilisation du matériel et des animaux : traction bovine des charrettes (les boeufs seraient alors utilisés toute l'année), utilisation collective du matériel (système de location)...

(2) : Ces travaux de reboisement font actuellement l'objet de programmes de vulgarisation au Yatenga. Du fait du peu de temps disponible, ces travaux ne durent que deux ou trois jours par saison des pluies ; les paysans les réalisent le plus souvent trop tardivement (première quinzaine d'août), ce qui est préjudiciable à la reprise des plantations.

2.2 - L'aménagement du parcellaire cultivé : **le possible, les limites et les résultats attendus**

Pour chaque exploitation enquêtée, nous avons quantifié la surface aménagée (principalement en cordons pierreux) en 1985 et 1987 ainsi que la surface cultivée qu'il serait souhaitable d'aménager⁽¹⁾.

Le degré d'avancement des travaux est voisin d'un village à l'autre (figure 60). Treize exploitations (24 %) ont aménagé plus de 60 % de leur parcellaire ; il s'agit :

- de paysans cultivant sur une seule parcelle située à proximité d'affleurements cuirassés ou collines birrimiennes ;
- ou de paysans très motivés par ces travaux qu'ils réalisent chaque année en fin de saison sèche.

La comparaison des surfaces aménagées en 1985 et 1987 montre qu'il y a eu poursuite des travaux d'aménagement dans la plupart des exploitations (annexe 44). Néanmoins pour onze exploitations, toutes situées à Ziga ou à Sabouna, les travaux ont été interrompus malgré un appui constant du projet Recherche-Développement.

Sans entrer dans une évaluation précise des pratiques et des stratégies de lutte contre l'érosion, ces quelques chiffres montrent les limites de celle-ci :

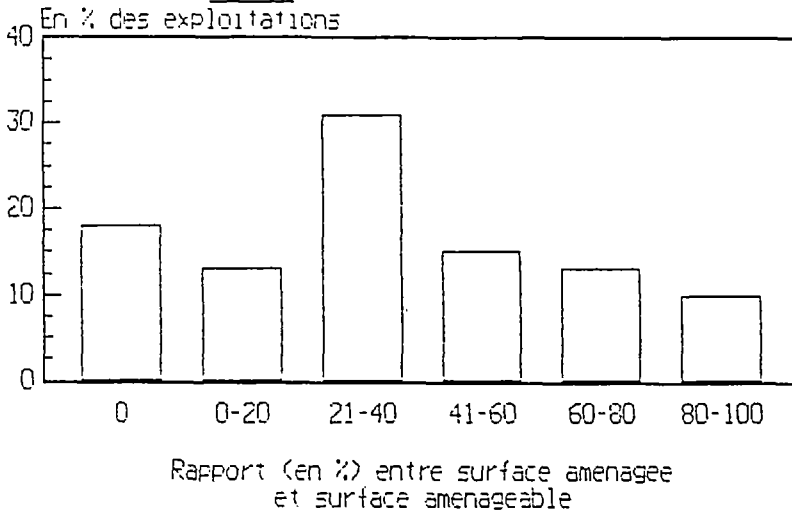
- les agriculteurs commencent par aménager les parcelles situées à proximité des cuirasses. Mais lorsque la distance entre les gisements de pierre et la parcelle dépasse un kilomètre, le temps de travail s'accroît considérablement et seuls quelques agriculteurs possédant une charrette poursuivent ces aménagements (DUGUE, 1986). L'extension de ces travaux ne sera envisageable que si l'on met au point des techniques fiables de lutte contre l'érosion ne demandant pas de pierres (des végétaux pérennes associés ou non à des diguettes en terre compactée par exemple) ;
- l'intérêt de combiner aménagement et techniques culturales (travail du sol avant ou après semis, paillage⁽²⁾) est rarement pris en compte par les agriculteurs et les agents de vulgarisation ;
- les aménagements sont d'autant plus efficaces qu'ils concernent une grande surface (10 à 100 ha) et si possible un bassin versant ;
- l'extension des aménagements sur les terrains les plus dégradés (qui répond à une logique d'extensification) a ses limites : si le sol est très peu profond (cuirasse latéritique à 20 ou 30 cm) aucune technique de lutte contre le ruissellement ou de régénération de sol n'aura de chances sérieuses d'aboutir à une récolte de céréale ;

(1) Ceci exclut les parcelles situées en bas-fond redevables d'un autre type d'aménagement (système de drainage pour améliorer les conditions de culture du sorgho - système de rétention de l'eau de ruissellement [digue filtrante] pour la culture du riz, deux aspects que nous n'aborderons pas).

(2) Le paillage limite le ruissellement, favorise le développement de la micro-faune (termite) qui augmente la macroporosité des sols. Du fait du manque de paille, la mise en oeuvre de cette technique est difficile voire impossible et dans tous les cas réduite à de petites surfaces (voir 3.2)

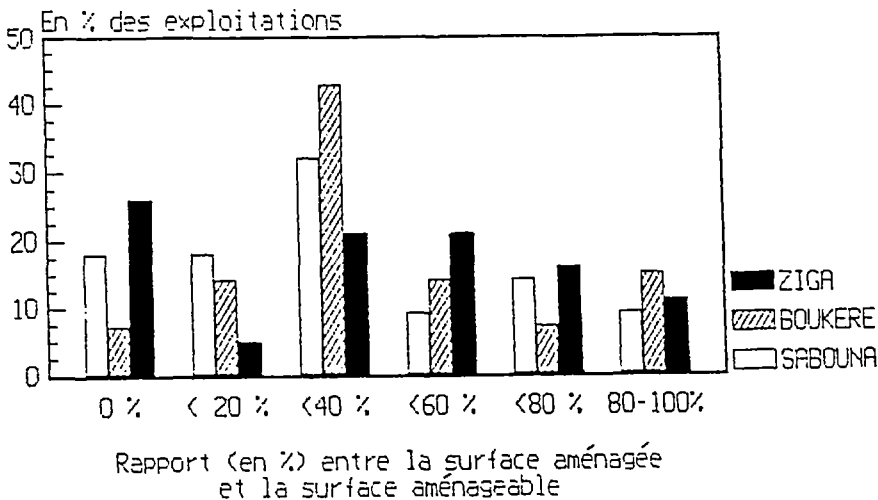
Figure 60 : Degré d'avancement des travaux
d'aménagement en 1987 dans les exploitations
enquêtées.

A) IMPORTANCE DES SURFACES AMENAGEES PAR
RAPPORT AUX SURFACES AMENAGEABLES
EN 1987 (3 VILLAGES CONFONDUS)



B) VARIATIONS INTERVILLAGES

IMPORTANCE DES SURFACES AMENAGEES PAR
RAPPORT AUX SURFACES AMENAGEABLES
EN 1987



- enfin, la lutte contre l'érosion en ravine est très peu pratiquée même lorsque les dégâts sont encore maîtrisables par les agriculteurs. Lorsque les ravines s'agrandissent, leur correction ou leur stabilisation nécessitent une intervention collective (au niveau du quartier ou du village) et un appui extérieur (matériel, gabions, moyens de transport).

La surface aménagée a augmenté plus rapidement dans les exploitations de notre échantillon que dans les autres. L'appui en matériel même limité, mais surtout la sensibilisation et la formation des paysans partenaires du projet ont été des facteurs déterminants de cette évolution. Les agriculteurs d'un même village sont-ils capables de s'organiser entre eux, sans appui permanent d'un projet⁽¹⁾ afin de poursuivre les aménagements de parcelle et d'initier des aménagements d'intérêt collectif : correction des plus grosses ravines et des chemins (points de départ du ravinement) ?... L'objectif final serait de limiter le ruissellement sur la plus grande surface possible. Ceci implique un renforcement de la cohésion des structures familiales et sociales⁽²⁾, l'organisation des villageois autour de ce thème, et un appui du développement en matière d'équipement en charrettes des exploitations ou des groupements de producteurs.

3 - AMELIORER LA NUTRITION MINERALE DES CULTURES ET LA GESTION DES RESSOURCES FERTILISANTES

Les propositions précédentes permettent d'améliorer l'alimentation hydrique des cultures (hors des bas-fonds) et par conséquent de valoriser les apports de fumure organominérale. La satisfaction des besoins en eau des cultures est un préalable incontournable. Bien que les présentations de proposition concernant la fertilisation, le travail du sol et l'aménagement des terrains soient séparées, du fait de leur synergie, ces techniques doivent être raisonnées de façon complémentaire.

- On peut envisager trois modalités de fertilisation ou d'entretien de la fertilité des sols cultivés que l'on abordera successivement :

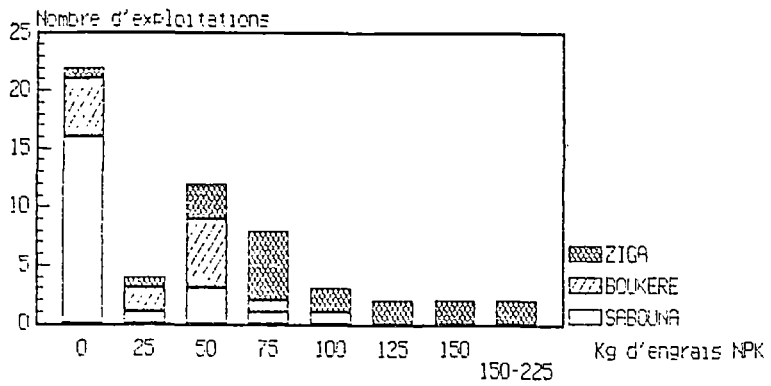
- les apports d'engrais minéraux ;
- les apports de fumure organique ;
- les restitutions organominérales sous forme de résidus de culture laissés sur les champs et, dans une moindre mesure - car elles ont souvent disparu -, par le biais des jachères.

(1) A partir de janvier 1987, une expérience d'aménagement contractuel de quartiers de culture a été entreprise à Sabouna et à Ziga. Une trentaine de paysans cultivant dans ces quartiers sont concernés. Le transport des pierres est réalisé en grande partie par un camion prêté par le projet qui fournit gratuitement les plans d'arbres et d'arbustes servant à la végétalisation des cordons pierreux. L'organisation des villageois devrait permettre de mettre en défens durant deux saisons sèches le quartier de culture aménagé, préservant ainsi les plantations et les repousses naturelles de ligneux et la dent des animaux (RODRI-GUEZ, 1987).

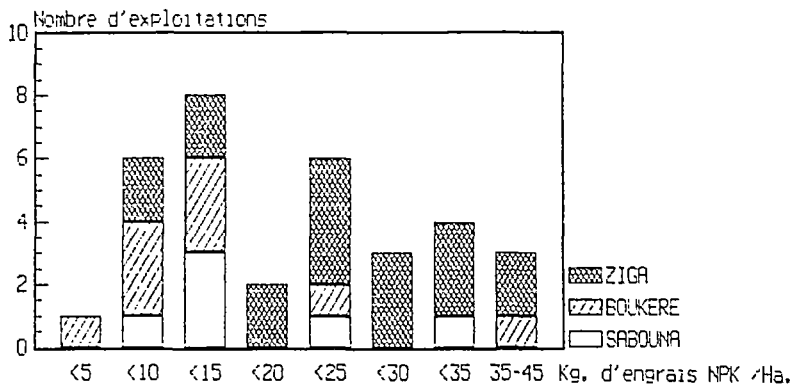
(2) La majorité des aménagements est réalisée par le chef d'exploitation aidé parfois d'enfants ; on observe peu d'associations entre les paysans pour la réalisation d'aménagements, par ailleurs les jeunes (15-25 ans) sont difficilement mobilisables pour ces travaux en saison sèche.

Figure 61 : Utilisation de la fumure minérale

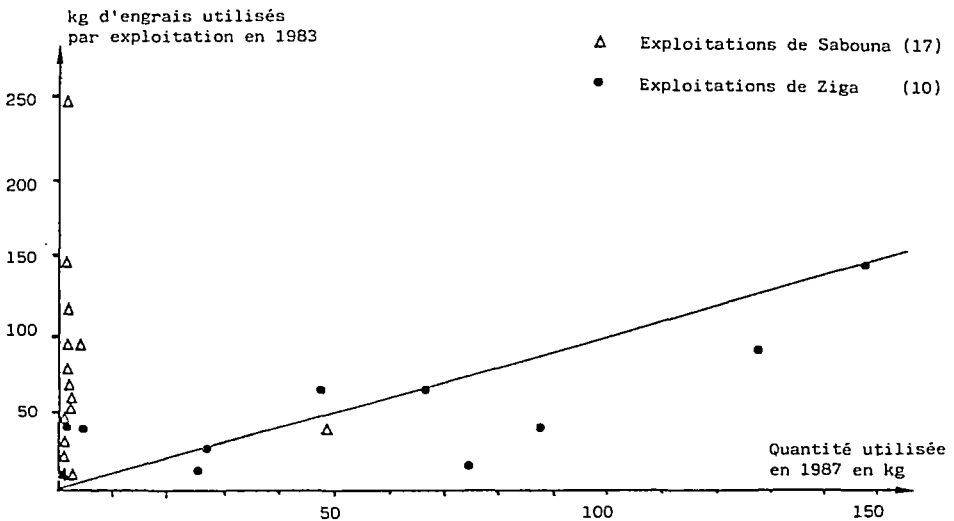
a - Quantité utilisée en 1987 par exploitation



b - Dose moyenne par exploitation



c - Comparaison des quantités utilisées en 1983 et 1987



Les deux dernières modalités sont complémentaires dans la mesure où une grande partie des résidus cultureux sont consommés par les animaux. L'exportation des résidus de mil représente près de la moitié des exportations totales d'azote, 75 % de la potasse et 30 % du phosphore (BERTRAND et al., 1972). La gestion des résidus de récolte représente donc l'aspect central du problème de fertilisation dans cette région.

3.1 - Accroître la consommation d'engrais ou mieux gérer les quantités actuellement utilisées ?

Les variations intervillages des quantités d'engrais⁽¹⁾ consommées, des doses moyennes et des surfaces fertilisées par exploitation, confirment les conclusions précédentes (figure 61) :

- l'engrais est actuellement très peu utilisé à Sabouna (six agriculteurs sur vingt-deux en 1987, contre seize en 1983 qui épandaient en moyenne 75 kg d'engrais) ;
- à Ziga, seulement une exploitation n'utilise pas d'engrais (sur 19) ; les chiffres de 1983 portant sur seulement 10 de ces 19 exploitations sont équivalents ;
- à Boukéré, l'engrais était peu utilisé avant le démarrage du projet du fait de l'éloignement des sources d'approvisionnement. Actuellement, les deux tiers des paysans enquêtés utilisent de l'engrais mais en faible quantité et à faible dose ;
- globalement les doses moyennes d'engrais sont faibles, toujours inférieures à 50 kg/ha (la moitié inférieures à 20 kg/ha) et il y a dispersion de la fumure minérale sur des surfaces importantes (annexe 45).

Par ailleurs les résultats d'expérimentations ont montré que des apports de 50 ou 100 kg/ha d'engrais⁽²⁾ sont rentables s'ils se situent dans des terrains à forte ou moyenne réserve utile, ou dans des zones bénéficiant d'un apport d'eau de ruissellement régulier (sans toutefois créer d'engorgement). La réponse aux engrais est beaucoup plus aléatoire en sol sableux et plus encore dans les terrains gravillonnaires ou dégradés. Il serait donc envisageable de recommander une application raisonnée de ces doses d'engrais⁽³⁾ en fonction des différents types de terrain de l'exploitation. Bien que nous n'ayons pas étudié l'effet de la date d'apport de l'engrais, il est probable qu'un apport précoce, au semis ou 15 jours après la levée, soit à préconiser vu l'importance de la phase d'installation du mil. Face à ce constat, peut-il y avoir adéquation entre les stratégies des paysans et les recommandations que l'on a pu faire en matière de fertilisation ?

On peut dans un premier temps, mettre en œuvre avec les producteurs trois axes de travail :

(1) Le terme « engrais » utilisé sans qualificatif correspond dans ce chapitre à l'engrais NPK.

(2) Nous ne disposons pas de résultats fiables sur l'effet de faibles doses d'engrais (10 à 50 kg/ha) ce qui limite la portée de nos conclusions.

(3) L'expérience menée avec les paysans du réseau de référence a montré que la dose choisie est plus proche de 50 que de 100 kg/ha.



Photo 9 : L'Aménagement d'une parcelle, située en haut de pente par construction de cordons pierreux isohypses. Ce dispositif permet de valoriser l'eau de ruissellement venant de l'impluvium dégradé situé en amont.



Photo 10 : Travaux de stabilisation d'un passage d'eau (peu raviné) par repiquage d'Euphorbes (*Euphorbia balsamifera*) et d'Andropogon (*Andropogon gayanus*).

- avec ceux qui n'utilisent pas (ou plus) d'engrais, continuer à mettre au point cette méthode de fertilisation minérale raisonnée que l'on a tout juste ébauchée, dans le cadre de tests de petite superficie ;

- avec les utilisateurs actuels, envisager deux modes de fertilisation : sur une partie de l'exploitation, maintenir la pratique antialéatoire (une fumure à faible dose < 50 kg/ha ou même < 25 kg/ha) ; sur l'autre partie, qui regrouperait les terrains les plus propices à la rentabilité de cette pratique, on augmenterait les doses d'engrais (50 kg/ha dans un premier temps) et l'apport serait précoce. Un passage supplémentaire sur ces parcelles serait nécessaire et consisterait en un démariage précoce (15 à 20 jours après la levée) associé à l'épandage de l'engrais. Ceci n'est envisageable que si une partie du premier sarclage est ensuite mécanisée afin de rattraper le retard occasionné par cette intervention supplémentaire ;

- préciser les modalités d'utilisation de la fumure phosphatée simple qui pourrait être facilement rentabilisée, de même pour la fumure de fond à base de phosphate tricalcique (burkinaphosphate). Du fait de sa non rentabilité la première année ce type de fumure doit être considéré comme un amendement et s'intégrer au processus d'aménagement des parcelles cultivées (fumure subventionnée ou vendue à crédit).

Comme pour la culture attelée, ces propositions, qui auront comme premier effet d'augmenter les charges de l'exploitation, n'ont de sens que si leur rentabilité est satisfaisante pour le paysan et le risque d'échec limité. L'achat de 150 kg d'engrais NPK correspondant aux besoins d'une exploitation de 5 ha⁽¹⁾ revient à 13 500 FCFA (prix 1987). Cette dépense est du même ordre que les revenus extra-agricoles du Yatenga de la plupart des exploitations (commerce, artisanat). Dans le cadre d'actions de développement portant sur l'utilisation et l'achat des engrais par les paysans, il est important de prendre en compte les possibilités de faible rentabilité de cet investissement et donc d'en évaluer les conséquences sur le fonctionnement des systèmes de production.

3.2 - La fumure organique : fertilisant gratuit ou ressource rare ?

Avant de proposer des améliorations de la gestion de la fumure organique potentiellement disponible, il est nécessaire de préciser les modalités d'utilisation des résidus cultureux, une des matières premières de la fumure organique.

a) - La gestion des résidus de culture à l'échelle des exploitations et du village

Les résidus de culture sont constitués de paille de mil et de sorgho, et dans une moindre mesure de fanes d'arachide et de niébé. Ces fanes constituent des fourrages de qualité et sont réservées à l'alimentation des troupeaux. L'importance des stocks de paille de céréale, en vue de compléter la ration des animaux varie de une à cinq tonnes par an et par exploitation (annexe 46). Deux critères méritent d'être analysés : la production de paille récoltée par rapport à la production totale et surtout la quantité stockée par rapport aux besoins des animaux durant la saison sèche.

(1) : 5 ha dont 1 ha en bas-fond (sans engrais) plus 2 ha en terrain favorable à l'utilisation de l'engrais (50 kg/ha = 150 kg) plus 2 ha en terrain peu favorable (25 kg/ha = 50 kg) soit au total 150 kg.

Figure 62 : Importance des récoltes de paille de céréale

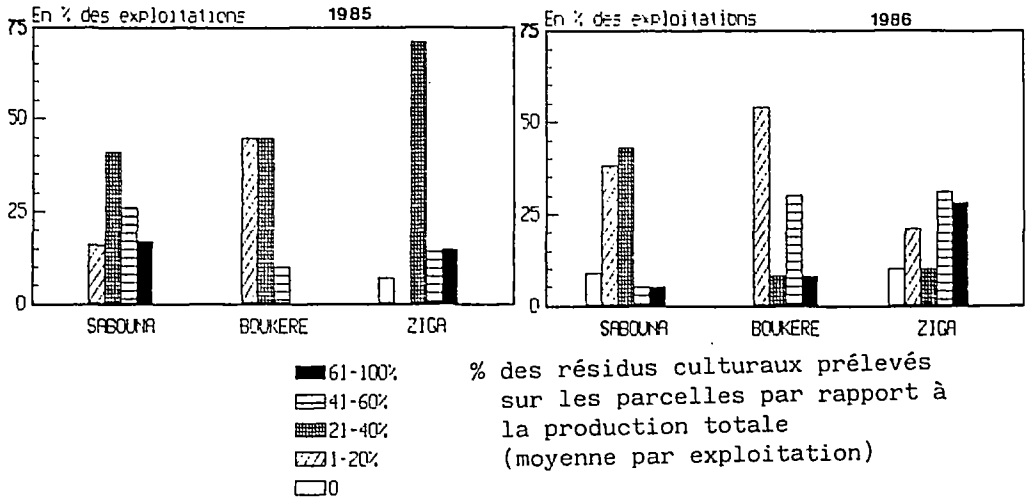
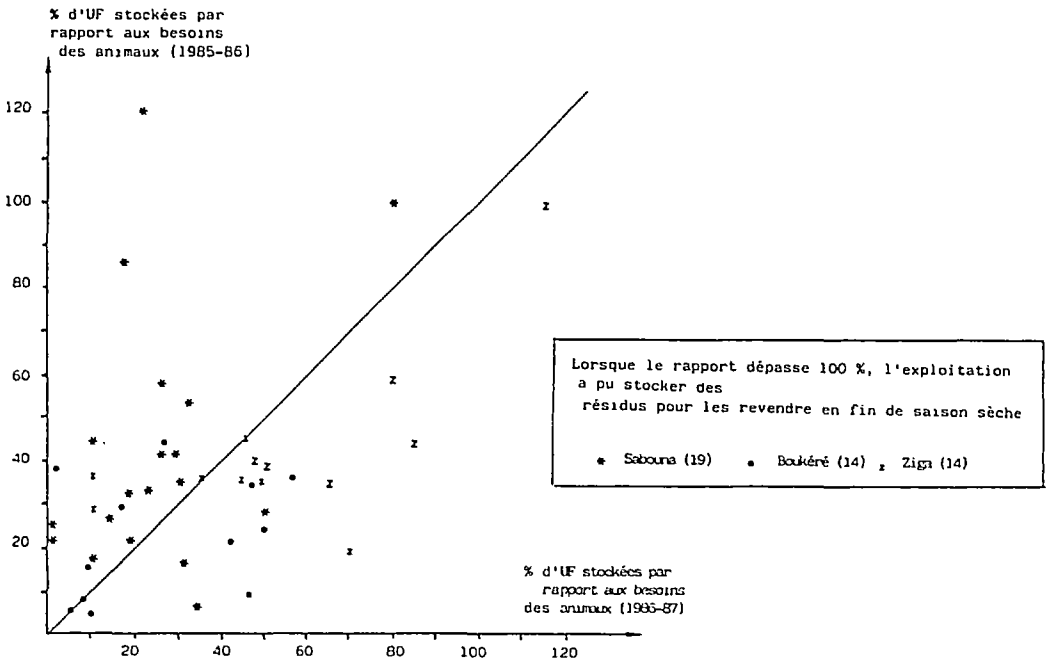


Figure 63 : Comparaison des stocks de résidus de céréales entre 1985 et 1986



L'importance des récoltes de paille de céréales est fonction de la taille des troupeaux des agriculteurs et du niveau global des ressources fourragères du village qui varie avec la pluviosité (comparaison 1985, 1986, figure 62). A ces récoltes il faut ajouter les prélèvements réguliers des femmes pour le combustible de cuisine, et le pâturage des animaux divagants durant toute la saison sèche. Il est donc évident qu'après une année à faible pluviosité, le pourcentage de résidus prélevés sera plus élevé qu'en année à pluviosité favorable aux cultures et aux pâturages. Ceci a deux conséquences :

- en fin de saison sèche et en début de saison des pluies, les terrains de culture ne sont plus recouverts d'un mulch protecteur (même partiel), sauf dans quelques parcelles de bas-fond où le rendement de sorgho a été élevé⁽¹⁾ ;
- les possibilités de récolter des pailles en mai-juin en vue de fabriquer du compost en saison des pluies sont réduites voire inexistantes. Le paysan souhaitant composter une partie de ses pailles devra stocker après les récoltes.

Si l'on compare la proportion d'unités fourragères stockées par rapport aux besoins d'entretien des troupeaux durant la saison sèche (six mois) après les récoltes 1985 (année moyenne à très médiocre) et 1986 (année favorable), on met en évidence trois comportements différents des paysans de ces villages (figure 63) :

- les agriculteurs récoltant chaque année la quantité de paille qu'ils estiment nécessaire au complément de la ration du troupeau (à Ziga principalement) ;
- ceux qui ne stockent des résidus de céréales qu'après une mauvaise année (1985) pour faire face à la pénurie de réserves fourragères en fin de saison sèche. Si la récolte est satisfaisante (1986), le paysan revient à la pratique traditionnelle : les animaux se nourrissent quasi exclusivement à partir du pâturage naturel et des résidus laissés au champs⁽²⁾. Les stocks sont principalement constitués de fanes de légumineuses. Ce deuxième comportement est plus fréquent à Sabouna ;
- le troisième comportement, caractéristique du village de Boukéré, consiste à ne pas stocker ou à stocker une faible quantité de résidus quelle que soit l'année. Les ressources fourragères dans ce village ne sont pas limitantes, mais cet équilibre peut être modifié par la présence de troupeaux transhumants venus de campements Peul voisins (RAMDE, 1985, OU0BA, 1985).

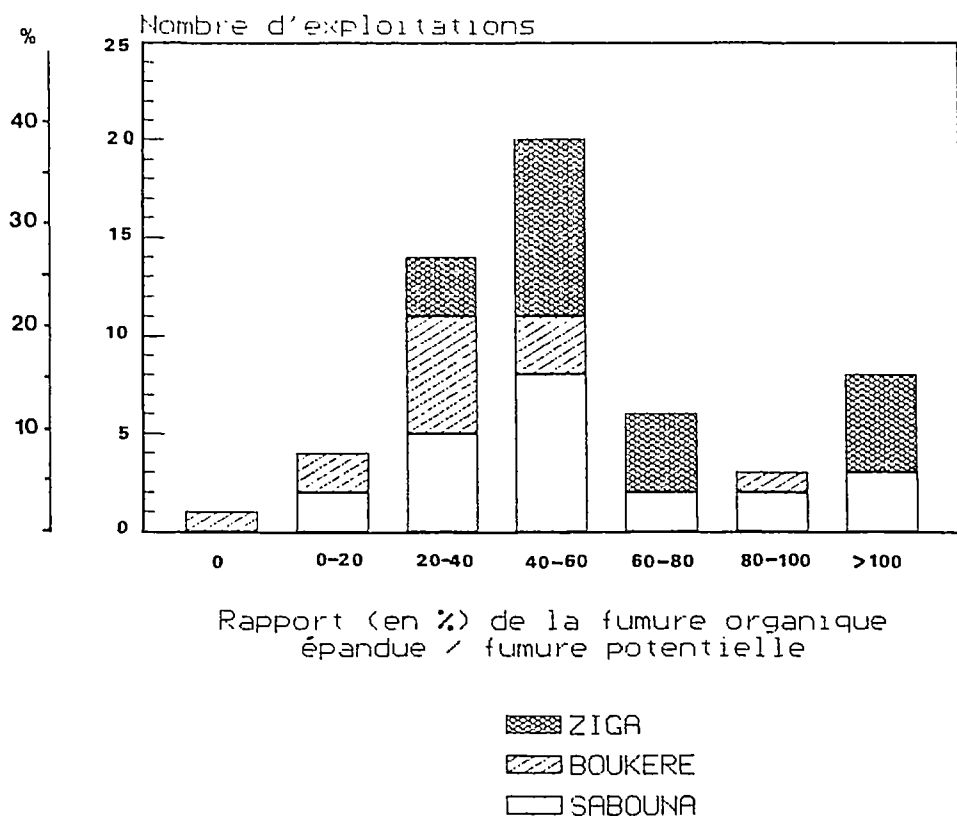
Ces trois comportements ont des effets différents sur l'entretien des animaux mais aussi sur la production de fumure organique : les quelques dizaines de kilogrammes de paille de sorgho distribués chaque jour seront en partie consommés par le troupeau ; les refus, qui peuvent représenter 40 à 80 % de la quantité apportée, seront piétinés par les animaux et plus ou moins transformés en fumier.

(1) : d'après les travaux menés à Boukéré en 1984-1985 (RAMDE, 1985) et à Sabouna en 1982-1983 (DUGUE, 1985).

(2) : les résidus de culture représentent dans le Centre-Yatenga plus des deux-tiers des ressources fourragères de saison sèche (THURIET, 1984). La production du pâturage naturel lorsqu'il est dégradé, reste limitée (quantitativement et qualitativement) même en année pluvieuse.

Figure 64 : Taux d'utilisation du potentiel de fumure organique (poudrette).

1987 - 3 villages



Nos estimations font apparaitre dans 15 % des cas, des taux d'utilisation supérieurs à 100 %. Ceci peut correspondre soit à une erreur d'enquête, soit à une incorporation de paille dans la fumure organique. C'est le cas pour les exploitations qui nourrissent régulièrement leurs boeufs de trait et leurs ânes.

Il ressort de cet ensemble de mesures et d'enquêtes qu'il y a une forte concurrence entre les différentes utilisations de résidus, concurrence qui s'accroît en période de pénurie de paille et de pâturage. Si la production de biomasse est limitée (1984, 1985), les quantités de résidus (stockées ou laissées sur les parcelles) ne suffisent pas à entretenir correctement les animaux (perte de résidus (stockés) poids voire mortalité). Dans ces conditions, il est impossible de dégager les quantités nécessaires à la réalisation des litières et encore moins des composts. Inversement, en année à pluviosité favorable, les pratiques de compostage et de fabrication de fumier à partir des résidus de récolte sont envisageables.

A l'échelle des villages, ces pratiques de gestion des résidus culturels renforcent les inégalités entre exploitations agricoles. Les paysans aisés possédant une charrette peuvent stocker d'importantes quantités de paille ; leur troupeau (de taille importante, 4 à 5 UBT) peuvent pâturer les résidus laissés sur n'importe quelle parcelle.

Ainsi les agriculteurs les plus démunis, sans matériel de transport possédant peu ou pas d'animaux, achetant peu d'engrais, voient leur résidu de récolte et donc leur principale possibilité d'entretenir la fertilité des sols disparaître.

b) L'utilisation actuelle de la fumure organique

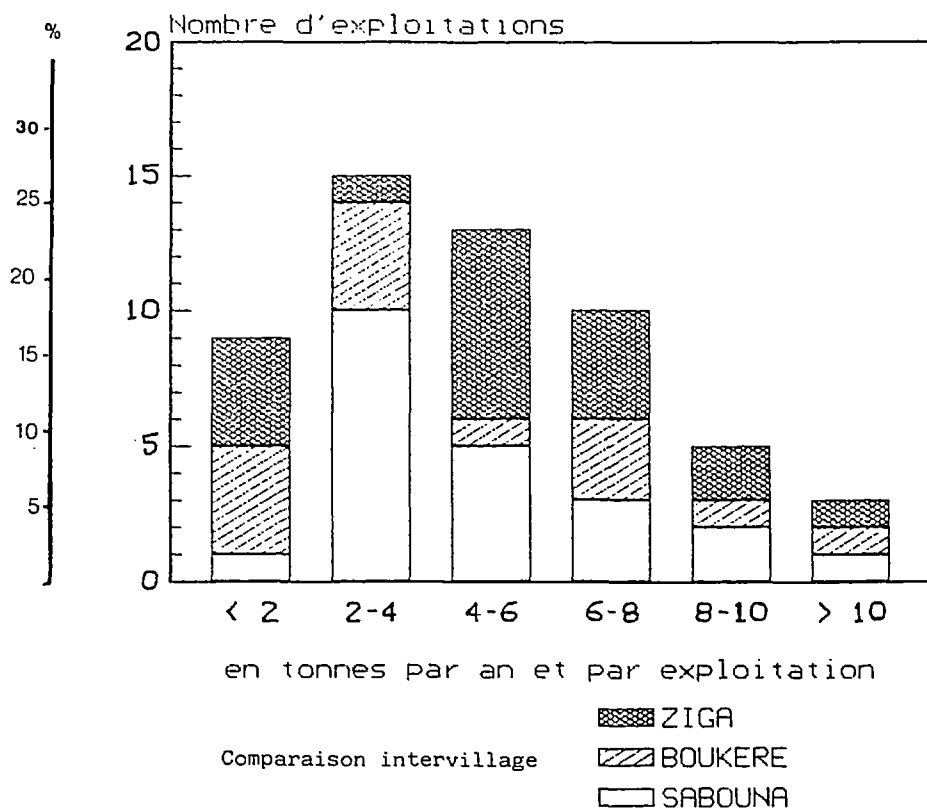
Traditionnellement, pendant la journée, les animaux, toutes espèces confondues, sont gardés en saison des pluies et divaguent en saison sèche. La nuit, ils sont enfermés dans des enclos situés dans l'enceinte de la concession. Une partie des déjections est ainsi dispersée sur les lieux de parcours. Les quantités de fumure organique apportées de la sorte sur les parcelles sont négligeables (généralement inférieures à 150 kg/ha), sauf dans quelques parcelles de bas-fond où la production de paille de sorgho est attrayante (de 200 à 250 kg/ha de déjections) (DUGUE, 1985). Le reste des déjections animales est concentré dans les enclos et constitue la source principale de fumure organique. Les premiers composts réalisés durant la saison des pluies 1987, ont été utilisés au champ en juillet 1988.

A partir des inventaires des troupeaux, il est possible d'évaluer la quantité potentielle de poudrette produite et de la comparer aux quantités effectivement transportées au champ (figure 64). Dans la grande majorité des cas, la quantité épandue est plus faible que la quantité potentiellement disponible : plus des deux-tiers des exploitations enquêtées utilisent moins de 60% de la poudrette produite par les animaux. Cette faible valorisation du potentiel de fumure peut s'expliquer de deux façons :

- les pertes de poudrette peuvent être élevées lorsque les enclos ou les cours ne sont pas balayés régulièrement (les déjections se mélangent à la terre) ;
- certains agriculteurs ne souhaitent pas épandre de poudrette sur le mil, car ils craignent des effets dépressifs de ce type de fumure en cas de sécheresse. La poudrette est alors utilisée sur les champs de maïs. Le surplus reste à la concession (commercialisation non pratiquée).

Figure 65 : Le potentiel de production annuelle de fumure organique (poudrette) par exploitation

1987 - 3 villages



La production de poudrette d'un boeuf en stabulation nocturne est estimée à 1,5 t/an, celle d'un petit ruminant adulte à 150 kg/an.

Les paysans de Ziga, qui portent un intérêt marqué à tous les types de fertilisation, gèrent beaucoup mieux leur potentiel de fumure organique que les paysans des autres villages. A Boukéré, ce potentiel est très largement sous-utilisé ; ceci est lié à des pratiques d'élevage très extensives : peu de stocks fourragers et une partie du cheptel (les ânes et parfois les chèvres) dort à l'extérieur des concessions.

c) Les possibilités d'améliorer la gestion des ressources fertilisantes

Les deux-tiers des exploitations enquêtées disposent d'un potentiel de poudrette inférieur à six tonnes. Ce qui correspond à la fertilisation de moins de 2,4 ha par an à la dose préconisée (5 t/ha tous les deux ans). Il ne faut pas oublier que notre échantillon surreprésente les exploitations en culture attelée. Si l'on considère l'ensemble des exploitations des trois villages on peut estimer que 67 % des agriculteurs disposent d'un potentiel inférieur à 3 t, de quoi fertiliser moins de 1,5 ha de céréale par an (figure 65).

La recommandation d'un apport de fumure organique de 5 t/ha/2 ans qui se justifie du point de vue agronomique, paraît peu réaliste actuellement pour la grande majorité des exploitations. Des possibilités d'augmentation des quantités de fumure organique existent néanmoins.

L'utilisation de pailles de céréales et d'herbe de brousse comme litière pour les animaux est possible⁽¹⁾. Cette litière peut être transformée en **fumier** dans des fosses. Afin d'éviter les échecs antérieurs des opérations de vulgarisation des étables-fumières, il est nécessaire de montrer aux paysans la qualité de ce fumier bien décomposé : les risques de « brûlures » des pieds de mil en cas de sécheresse seront moindres qu'avec la poudrette. D'autre part, il faudra quantifier avec les producteurs le surplus de fumure obtenu par cette incorporation des résidus cellulosiques.

Dans bien des cas, le cheptel des exploitations agricoles est limité à une quinzaine de petits ruminants et les possibilités de fabriquer du fumier sont réduites. Dans certains villages, les ressources en eau sont tellement limitées en saison sèche qu'il est exclu d'arroser des fosses fumières. Face à ces contraintes, la transformation d'une partie des résidus de céréales en **compost** devient la solution à privilégier. Cette technique permet aussi de valoriser toutes les matières organiques fermentescibles (herbe, résidus de battage, feuilles d'arbres...). Ainsi les agriculteurs possédant peu d'animaux, peuvent obtenir au coin de leur champ et à partir d'une compostière, de 500 kg à 1 t de compost par an⁽²⁾. Ceci n'exclut pas de faire de même dans les exploitations pouvant fabriquer du fumier et qui disposeraient d'un stock résiduel de paille transformable en compost (les bonnes années par exemple).

Ces innovations techniques pourraient être adoptées par un grand nombre d'agriculteurs, surtout après une saison des pluies favorable aux cultures. Elles ne nécessi-

(1) Boeufs et ânes principalement : les petits ruminants supportent mal la litière de paille (surtout celle de sorgho) qui est coupante et blesse les sabots des animaux.

(2) Ceci dépend de la taille de la compostière, des disponibilités en paille... On considère qu'une tonne de matière brute (paille + poudrette) donne après décomposition 5 à 600 kg de compost (matière sèche).

tent aucun investissement financier, uniquement une mobilisation de travail répartie tout au long de l'année. L'amélioration de la production céréalière qui en découlerait, aurait comme effet secondaire l'accroissement du disponible en résidus de culture, donc de la production potentielle de compost et de fumier. Tout s'enchaîne, mais il est toujours difficile de mettre en route cette évolution.

Une autre possibilité serait d'accroître la production des pâturages afin de disposer d'une plus grande quantité de résidus de récolte transformable en fumure et d'augmenter la taille des troupeaux. La régénération des pâturages dégradés est envisageable (DUGUE, 1987). Mais elle entraîne un surcroît de travail en saison des pluies. Cette technique intéresse peu les paysans pour le moment. L'accroissement du disponible fourrager pourrait provenir des parcelles de culture : *Andropogon gayanus*, arbres et arbustes fourragers associés aux cultures. Même si ces techniques s'avèrent performantes, un consensus et une volonté générale à l'échelle du village sont indispensables à leur mise en œuvre. Toute intervention portant sur des plantes (appâtées des animaux) nécessite une mise en défens des zones concernées durant une ou deux saisons sèches. De même la régénération d'un couvert de graminées annuelles, dans des conditions difficiles, est vouée à l'échec si les troupeaux surpâturent dès la première année ces espaces reconquis.

Les communautés villageoises sont-elles en mesure de s'organiser afin d'améliorer la production globale et par conséquent la production vivrière de chacun ? N'y a-t-il pas contradiction entre le développement de pratiques individualistes comme le contrôle des résidus cultureux par les usufuitiers des parcelles et le souhait de voir se développer des stratégies collectives en matière de gestion des terroirs ?

CHAPITRE II

REFLEXIONS SUR LA MISE EN ŒUVRE DES INNOVATIONS TECHNIQUES PROPOSEES

1 - LES STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION AGRICOLE

Nous avons mis en évidence la diversité de situation des exploitations agricoles ainsi que les différences de productivité entre les zones à forte densité de population et les zones à faible densité de population. A partir de ce constat, il est possible de raisonner la diffusion des propositions techniques décrites précédemment et de proposer des stratégies de développement de la production agricole.

1.1 - Les zones à faible densité de population, où la saturation foncière n'est pas atteinte : l'exemple du village de Boukéré

Dans cette situation, l'introduction d'innovations techniques visant à intensifier les systèmes de culture sera limitée car elles ne correspondent pas aux stratégies anti-aléatoires des paysans. La réserve foncière existant encore actuellement leur permet de mettre en œuvre ces stratégies avec un relatif succès. Néanmoins, les possibilités d'amélioration de la production sont envisageables : restaurer et entretenir la fertilité des terrains cultivés en permanence autour des habitations, augmenter la productivité du travail par l'introduction du sarclage mécanique asin ou bovin, améliorer la rotation jachère/culture. Ce dernier point mérite une attention particulière.

On observe dans ce village, sur une partie de la surface cultivée, une alternance jachère/culture qui est en régression. Face aux aléas climatiques, les paysans préfèrent exploiter en permanence les zones les plus favorables (bord de bas-fond, talweg), ce qui a pour effet de réduire l'espace réellement cultivable. On pourrait envisager de réintroduire plus systématiquement la jachère dans les systèmes de culture. Les techniques actuelles de défrichage et surtout de nettoyage des parcelles avant les semis, limitent considérablement la régénération naturelle lorsque le terrain revient en jachère. Un travail expérimental est à mener avec les paysans sur l'amélioration de ces pratiques en vue de mieux organiser la végétation naturelle (arbres et arbustes) associée aux cultures et de faciliter cette régénération. En complément il est nécessaire de ralentir le ruissellement dans les zones les plus fragiles cultivées actuellement, même si elles doivent ensuite revenir en jachère. Sans ces travaux d'aménagement minimum, les parcelles en jachères continuent à s'éroder et l'objectif de restauration de la fertilité est loin d'être atteint. L'agriculteur disposerait ainsi d'un ensemble de parcelles où alterneraient jachère et culture. Vu les densités de population ($< 20 \text{ hab./km}^2$) dans ces régions, le rapport entre surface en jachère aménagée (ou contrôlée) et surface cultivée pourrait être de 1.

Cette intervention localisée aux terrains cultivables doit s'inscrire dans une réflexion plus globale sur la gestion du territoire villageois et donc de ses ressources natu-

relles. Si les habitants de ces régions arrivent à maintenir, voire augmenter le potentiel fourrager dont ils disposent actuellement, des perspectives de développement de l'élevage sont possibles. Ces activités fourniraient les revenus monétaires indispensables à la population et viendraient en complément des productions végétales qui couvriraient totalement les besoins vivriers. Pour qu'il y ait synergie et complémentarité entre système d'élevage et système de culture, il est nécessaire d'envisager une régulation de la charge animale au niveau du village et des règles d'exploitation des pâturages. La valorisation du potentiel de fumure organique (déjections animale, résidus...) et l'amélioration de l'alternance jachère/culture permettraient de maintenir le potentiel de fertilité.

1.2 - Les zones à forte densité de population, où la saturation foncière est atteinte : le cas du Centre-Yatenga

L'augmentation de la production vivrière dans cette région est un enjeu important, d'autant plus que dans l'avenir d'autres régions soudano-sahéliennes risquent de connaître les mêmes difficultés, vu l'accroissement démographique actuel.

Les possibilités d'intensifier la production céréalière de ces régions existent mais sont soumises aux aléas climatiques qui expliquent que les agriculteurs favorisent les investissements extra-agricoles et/ou hors du Yatenga au détriment de l'agriculture locale. Dans ces conditions, une politique de développement agricole sera efficace et adoptée par les producteurs si elle leur permet à la fois **d'augmenter la production vivrière et de dégager un minimum de revenu monétaire.**

Du fait de la saturation du foncier cultivable, l'accroissement de la production vivrière passe obligatoirement par une augmentation des rendements céréaliers, et une intensification des systèmes de culture. Celle-ci nécessite des investissements financiers et une mobilisation importante en travail. Les ressources monétaires et le temps dont disposent les agriculteurs étant limités, cette intensification ne pourra concerner qu'une partie du parcellaire de l'agriculteur. Ceci nous amène à distinguer pour une même exploitation deux stratégies complémentaires d'amélioration de la production agricole.

a) - L'intensification d'une partie de la surface cultivée de l'exploitation

L'intensification des systèmes de culture sera limitée à une partie du parcellaire (1 à 2 ha selon la taille des exploitations) sur les terrains les plus favorables aux cultures et où les risques de non rentabilité des investissements sont limités. Ces parcelles constitueront des « pôles d'intensification » donc de concentration du travail (préparation du sol, sarclage soigné) et des intrants (engrais, fumure organique), ces investissements ne seront rentables que si le niveau des rendements est élevé (8 à 15 q/ha pour les céréales par exemple). Ceci implique obligatoirement une gestion optimale des eaux de pluie, donc un aménagement rigoureux de ces parcelles.

On peut envisager aussi sur de plus petites surfaces (0,2 à 0,4 ha) une maîtrise plus ou moins totale de l'alimentation en eau des cultures par irrigation à partir de micro-retenues approvisionnées par le ruissellement (annexe 47). Cette irrigation viendrait en

complément des pluies et permettrait de maintenir une deuxième culture en début de saison sèche. Les premiers résultats expérimentaux ont mis en évidence des difficultés techniques (matériel d'irrigation peu coûteux mais peu fiable...) certainement surmontables, mais surtout une certaine réticence des agriculteurs à développer cette pratique : les techniques d'irrigation (exhaure, transport de l'eau, arrosage...) ne font pas partie du référentiel traditionnel de ces communautés (DUGUÉ, 1986).

Ces pôles d'intensification pourraient concerner aussi des terrains en bordure de bas-fond ou en bas-fond si les excès d'eau sont limités ou contrôlés par des aménagements. Des cultures annuelles et des arbres fruitiers pourraient valoriser l'eau de ruissellement ainsi que les nappes phréatiques situées sur ce type de terrain à faible profondeur. Cette hypothèse n'a pas encore été testée dans le cadre du projet recherche-développement du Yatenga.

La poursuite des actions de recherche-développement, consacrées à l'installation, au fonctionnement et à l'intégration de ces pôles d'intensification dans le paysage (physique et social) est indispensable pour concrétiser et valider cette stratégie. Le développement sur ces parcelles de cultures de vente (légumes, arbres fruitiers...), associées aux cultures vivrières et à un élevage limité mais très productif pourrait fournir des revenus monétaires réguliers et peu dépendant des aléas climatiques..

b) - L'amélioration de la production sur le reste de la surface cultivée

Le développement de zones d'intensification au niveau du plus grand nombre d'exploitations possible ne résoudra pas l'ensemble du problème vivrier. Une grande partie de la production céréalière proviendra des autres parcelles⁽¹⁾, situées sur les terrains aux potentialités plus faibles (terrains sableux, dégradés) ou aux résultats plus aléatoires (bas-fonds inondables) ; ces conditions ne permettent pas, pour le moment, d'y envisager une intensification des cultures. L'augmentation de rendement sur ces parcelles, même limitée à 1 ou 2 q/ha aurait des répercussions non négligeables sur le bilan vivrier. Des améliorations ponctuelles sont envisageables pour ces situations ; pour qu'elles aient un impact, il est nécessaire qu'elles concernent la plus grande surface possible.

Trois voies d'améliorations peuvent être envisagées :

- une meilleure gestion des eaux de pluies par contrôle du ruissellement et amélioration de l'infiltration de l'eau : aménagement, travail du sol en sec, travail du sol en humide sur une partie de la surface en fonction du temps disponible, **les zones intensifiées étant prioritaires** ;
- un meilleur contrôle de l'enherbement par la vulgarisation du sarclage mécanique ou la réorganisation de groupes d'entraide ;

(1) Une famille de Ziga cultivant cinq hectares a besoin de 2 400 kg de céréale (12 consommateurs, 6 actifs). « La zone intensifiée » de 1 ha peut fournir 1 200 kg, les quatre hectares restant doivent produire 1 200 kg (300 kg/ha), pour que l'autosuffisance soit atteinte. Une amélioration du rendement de 100 kg/ha permettra de fournir 400 kg supplémentaires et de constituer un petit stock de sécurité (deux mois de consommation familiale).

Tableau 42 : Diversité des exploitations et adoption des propositions techniques.

Types d'exploitation *	I et II	III	IVa et IVb	
Thèmes techniques				
<u>Alimentation en eau des cultures</u>			a	b
Aménagement des parcelles (lutte contre le ruissellement)	+	++	+	+++
Préparation du sol avant semis	-	+	++	++
Sarclage mécanique	++	+	+	+++
Travail du sol en cours de cycle (buttage...)	-	+	+	+
<u>Fertilisation</u>				
Fertilisation minérale	+	++	+	+++
Valorisation des résidus cultureux (compost fumier)	-	-	+	++
Agroforesterie	-	++	++	++
Stratégies globales				
Développement de pôle d'intensification (Centre Yatenga)	-	+	+	+++
Amélioration de la rotation jachère - culture (zone à faible densité)	-	+	++	++

Légende : - Probabilité d'adoption très faible ; + + + Probabilité d'adoption très forte.

* Rappels des caractéristiques des types d'exploitation (cf. tableau 16)

I et II : Exploitation en cours de démantèlement ou paysans axés sur les activités extra-agricoles.

III : Chef d'exploitation âgé, main-d'œuvre limitée, difficulté pour réaliser les travaux en culture attelée. Aide financière des fils migrants.

IV : Exploitation presque toujours autosuffisante axée sur la production agricole
a) système traditionnel extensif sur terrain favorable
b) volonté de changement à long terme

- une meilleure gestion des ressources fertilisantes (résidus de culture et repousses naturelles d'espèces pérennes principalement) afin de maintenir, voire d'améliorer les conditions de fertilité des sols, les disponibilités en fumure organominérale étant réservées aux zones à intensifier.

A cela il faut ajouter les possibilités d'augmenter la surface cultivable, en régénérant des terrains décapés (« zipellé »). Possibilité fort appréciable lorsque la pression foncière est très forte même si elle ne représente que quelques dizaines d'ares par exploitation et par an.

Notre hypothèse repose donc sur **la complémentarité entre deux modes de conduites des cultures au sein d'une même exploitation** :

- un système intensifié, à fort potentiel de production, sur une surface réduite, permettant de sécuriser une partie de l'approvisionnement vivrier de la famille et de dégager des revenus monétaires ;
- un système plus extensif, à potentiel productif plus faible ou plus aléatoire (bas-fond) concernant le reste de la surface cultivée.

Cela peut apparaître satisfaisant en théorie par rapport aux contraintes propres à cette région et aux stratégies des paysans qui y sont liées. Reste maintenant à l'expérimenter sur le terrain, non pas à l'échelle de quelques agriculteurs « pilotes », mais par rapport à la diversité des situations des exploitations agricoles.

1.3. - Développement agricole et diversité des exploitations

Face aux contraintes qui pèsent sur l'agriculture du Yatenga et plus précisément des régions où l'intensification est devenue une nécessité, des solutions à faible coût ont peu de chance d'aboutir : l'introduction d'une variété sélectionnée, ou le changement de la densité de semis, ou l'association de plusieurs cultures par exemple. Ainsi, nos propositions concernent à priori les exploitations disposant d'un potentiel important du point de vue du travail (actifs jeunes) et/ou des moyens financiers disponibles pour l'agriculture. Les agriculteurs âgés ou ceux qui privilégient les activités extra-agricoles, ont peu de chance de s'intéresser à ces voies d'amélioration.

Le tableau 42 précise pour chaque type d'exploitation les possibilités d'adoption des propositions techniques et des stratégies de production décrites précédemment. Ces propositions doivent s'accompagner d'un appui des structures de développement pour la fourniture du matériel et des intrants. On peut distinguer trois types de comportement des producteurs :

- des agriculteurs qui ne souhaitent pas changer la façon dont ils conduisent leur culture, que les opérations de développement ne concernent donc pas directement ;
- des agriculteurs qui sont prêts à mettre en œuvre une innovation technique si elle ne modifie pas leurs stratégies culturales. Par exemple des chefs d'exploitation (du type II) peuvent

pratiquer le sarclage mécanique afin de dégager du temps pour leurs activités extra-agricoles ;

- des agriculteurs dont les objectifs principaux sont le développement de leur exploitation et l'augmentation de la production agricole, et qui sont prêts à adopter un ensemble d'innovations techniques si elles correspondent à leurs besoins. Dans ce groupe représenté principalement par les types III et IV, certains chefs d'exploitation sont limités par le coût financier de ces innovations. Après les difficultés que certains d'entre eux ont rencontrées pour rembourser les crédits culture attelée, tout investissement important dans l'agriculture (même avec un crédit à court ou moyen terme) est difficilement envisageable. Il ne reste alors qu'à valoriser la force de travail, en saison de culture comme en saison sèche.

Ces divers comportements renvoient à une hiérarchisation de nos propositions. On peut considérer que la mise en œuvre de certaines innovations représente un préalable nécessaire et quasiment obligatoire à un processus d'amélioration globale de la production : les techniques d'amélioration de l'alimentation hydrique des cultures par exemple et plus particulièrement l'aménagement des terres cultivées et non cultivées..

Des innovations qui aboutissent à un gain de production relativement faible et qui sont souvent plus faciles à mettre en œuvre peuvent avoir par ailleurs d'autres intérêts : le sarclage mécanique réduit la pénébilité du travail, l'apport d'une dose faible d'engrais sur un semis tardif peut permettre à la plante de finir son cycle...

Une politique de développement agricole au Yatenga doit concilier les deux aspects suivants : d'une part mobiliser la force de travail et une partie des revenus des agriculteurs afin de s'attaquer aux problèmes prioritaires (la valorisation de l'eau, la lutte contre l'érosion et l'amélioration de la fertilité des sols) ; d'autre part, prendre en compte la diversité des exploitations agricoles. S'intéresser uniquement aux exploitations les plus à même d'adopter les propositions du développement, limiterait la portée des actions nécessairement collectives. L'organisation de la gestion de l'espace villageois et des ressources naturelles communes (l'eau, le bois et le pâturage) qui représente une condition déterminante pour la reproductibilité des systèmes agraires, nécessite l'adhésion de la grande majorité des habitants d'un même village.

2 - LA NECESSITE D'UNE DEMARCHE DE RECHERCHE-DEVELOPPEMENT

Dans ce contexte agricole difficile il ne se dégage pas de solution simple, facile à mettre en œuvre et « passe-partout », permettant d'accroître la production céréalière. De nos propositions techniques ressortent deux idées :

- la nécessité d'appréhender les problèmes à différentes échelles (la parcelle, l'exploitation agricole, le territoire villageois) ;
- l'importance de raisonner les améliorations techniques par rapport à la variabilité du climat et des caractéristiques des terrains de culture.

Sans rentrer dans une évaluation de l'opération « paysans de référence » engagées avec une centaine d'agriculteurs depuis 1986 (annexe 48), on peut toutefois discu-

ter de la place et du rôle des producteurs dans le processus de mise au point d'innovations techniques et sociales.

2.1 - Du diagnostic à l'élaboration des innovations techniques : **la nécessité d'associer et de former les producteurs**

Dans la plupart des programmes de recherche-développement, les agriculteurs sont associés à l'équipe de chercheurs et de développeurs pour l'élaboration du diagnostic (les paysans répondent à des interviews ou participent collectivement à l'évaluation de leur situation économique). De même ils jouent un rôle central dans la mise au point du référentiel technique, en testant sur leur parcelle avec leur propre matériel des innovations prometteuses (PILLOT, 1987). Au vue des résultats obtenus au Yatenga et des réactions des paysans, deux points importants méritent d'être discuter :

- les agriculteurs, dans la grande majorité des cas, comprennent l'intérêt d'établir un diagnostic et collaborent aux nombreuses enquêtes portant sur leur activité. Néanmoins, dans la plus part des cas (comme pour notre programme) la restitution de ce diagnostic aux agriculteurs et aux communautés rurales, n'est pas réalisée ou l'est partiellement. Il est nécessaire de consacrer un temps à cette restitution (réunion, visite intervillage) afin que les paysans apprécient objectivement leur situation et soient associés aux choix des recherches à entreprendre ;
- **la formation des paysans.** Qui dit innovation dit apprentissage. Même si l'on peut souhaiter qu'une formation générale du type « alphabétisation de masse » soit à promouvoir, sa mise ne place dans le cadre de projet de recherche-développement n'est pas toujours possible. Sur des points techniques on ne pourra qu'encourager et multiplier les actions de formation sur les nouvelles pratiques inconnues des paysans ou mal maîtrisées. Former ne voulant pas seulement dire montrer mais aussi faire comprendre l'intérêt de telle ou telle innovation.

2.2 La maîtrise des innovations par les producteurs : **dépasser le stade du test technique**

Nous avons déjà souligner les difficultés rencontrées par les paysans pour la mise en œuvre des innovations techniques sur de grande surface (la parcelle ou l'exploitation agricole). Le niveau « exploitation agricole » est central dans ce type d'approche, c'est à ce niveau que ce discutent, se raisonnent les points suivants :

- le conseil technique ; raisonner pour l'ensemble des parcelles de l'exploitation pour un laps de temps fixé (le calendrier agricole) ;
- le conseil économique ; raisonner par rapport aux moyens de production de l'agriculteur et ses capacités d'investissement à plus ou moins long terme (conseil de gestion, plan de développement) ;
- l'appui d'un projet de développement (en matière de crédit agricole ou d'approvisionnement...).



Photo 11 : Le nettoyage de la parcelle avant le semis. A Boukéré, les repousses arbustives sont encore nombreuses. Pourquoi ne pas laisser quelques arbustes le long des cordons pierreux ?



Photo 12 : La nécessité de dialoguer avec les paysans. Lors d'une journée de formation, les paysans discutent, avec le technicien du projet, de l'intérêt de fabriquer du foin.

Il apparaît donc nécessaire de s'intéresser au fonctionnement des exploitations pas seulement dans un but de compréhension des systèmes de production mais aussi avec un objectif de tester des solutions techniques et économiques à ce niveau. L'agriculteur n'est pas seulement un expérimentateur au coin d'une de ses parcelles mais il est impliqué dans un processus de développement expérimental. Ceci nécessite un appui de la part du projet de R-D (crédit, commercialisation des produits, des intrants...); appui qui devra être reproductible par les structures de développement habituelles.

2.3 - Recherche-développement et communautés rurales

Le souci d'intervenir au niveau de l'exploitation agricole ainsi qu'à l'échelle d'espace regroupant plusieurs exploitations (quartier de culture, bassin versant) voire à l'échelle du territoire villageois ou de la petite région, pose différents problèmes :

- faut-il intervenir dans un premier temps avec un échantillon d'agriculteurs motivés (comme on a pu le faire au Yatenga) ?
- quelles sont les répercussions de ce type d'opération ciblée (pour ne pas dire élitiste) sur des actions nécessitant l'intervention ou l'accord de tous les habitants d'une communauté ?

Nous n'avons pas de réponses précises à ces questions. Nous avons pu constater que très rapidement des liens étroits s'établissaient entre les agronomes et les chefs d'exploitation associés et impliqués dans le programme de R-D. Inversement après plusieurs années passées dans un village⁽¹⁾, certains paysans étaient à peine au courant des activités des chercheurs dans leur village.

Si des méthodes d'étude d'un milieu rural et d'expérimentation agronomique sont disponibles, le « chercheur-développeur » dispose de peu d'outils (ou n'en connaît pas l'existence) lui permettant de mener à bien son travail d'animation des communautés rurales et de formation des producteurs. Sur les aspects techniques les chercheurs et les développeurs discutent des mêmes choses avec le même langage ; de même il faut que le dialogue s'installe lorsqu'il s'agit des méthodes de vulgarisation, d'animation et d'intervention en milieu rural. Ces aspects doivent devenir des objets de recherche au même titre que l'amélioration des systèmes de culture ou d'élevage.

(1) Les villages de Sabouna et de Ziga regroupent une population importante dépassant respectivement 2 000 et 3 000 habitants. A ce niveau il est difficile voire impossible d'associer ou même d'informer l'ensemble de la population.

Tableau 43 : Propositions techniques et conditions d'application au niveau de l'exploitation agricole et des systèmes agraires.

Propositions techniques	Conditions d'application par l'agriculteur	Implications au niveau des systèmes agraires
Travail du sol et mécanisation des sarclages	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilité en temps - Équipement de culture attelée - Ressources fourragères à l'alimentation des animaux de trait 	<ul style="list-style-type: none"> - Organisation à l'échelle du village, du crédit, de l'achat en commun du matériel
Aménagement et agroforesterie	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel de transport - Disponibilité en main-d'œuvre en saison sèche - Disponibilité en temps pour les plantations en juillet-août 	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement concerté entre plusieurs exploitants cultivant le même quartier de culture - Organisation de travaux d'aménagement d'intérêt collectif nécessitant la mobilisation de toute la population (traitement de ravine) - Gestion des zones de parcours des troupeaux en saison sèche (mises en défens)
Fertilisation des cultures et entretien de la fertilité des sols	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien d'un troupeau producteur de fumure organique - Matériel et temps disponibles pour le stockage et la transformation des résidus culturaux - Disponibilité financière pour l'achat d'engrais minérale 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion collective des pâturages (régénération de certaines zones) - Règles concernant la circulation des troupeaux (préservation des repousses naturelles arborescentes sur jachère) - Règles concernant la gestion des résidus de récolte (maintien ou non de la vaine pâture) - Groupement pour l'approvisionnement en engrais
Développement de pôles d'intensification	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilité en terrain favorable aux techniques d'intensification - Investissement minimum en travail (surtout la première année) et en intrant (engrais, fumure) 	<ul style="list-style-type: none"> - Concertation pour l'implantation de ces pôles et principalement pour la gestion des eaux de ruissellement

CONCLUSION DE LA V^e PARTIE

Depuis les quinze dernières années les systèmes de production ont évolué en essayant de s'adapter à la baisse de la pluviométrie. Pour cela les paysans ont privilégié les stratégies antiaélatrices sur les parcelles de glaciis sensibles aux périodes de sécheresse et développé des cultures en zone de bas-fond. Ces stratégies n'arrivent pas à limiter la forte variabilité de la production et ne satisfont que partiellement les besoins des agriculteurs qui se tournent de plus en plus vers des activités extra-agricoles et hors du Yatenga. Les propositions envisagées ici se limitent à l'amélioration de la production céréalière sur les glaciis, priorité actuelle de la majorité des paysans. Ceci n'exclut pas d'élaborer des propositions concernant les systèmes de culture de bas-fond l'élevage, les cultures secondaires⁽¹⁾ ou toutes autres activités qui pourraient facilement s'intégrer au calendrier agricole. Des pôles d'intensification où l'eau de ruissellement serait valorisée, pourraient être le lieu privilégié de cette diversification de la production.

Les propositions élaborées avec les producteurs tiennent compte prioritairement du renforcement des aléas climatiques (baisse de la pluviométrie annuelle, mauvaise répartition). Qu'advierait-il si la pluviosité redevenait proche de celle des années antérieures (600-700 mm sur 5 à 6 mois)⁽²⁾. Les problèmes de fertilité des sols et de ruissellement seraient équivalents, il est possible qu'il faille adapter nos propositions à ce « retour » des pluies. Les zones à forte productivité potentielle en période sèche (bas-fond, talweg) seraient difficilement cultivables, inversement les sols sableux pourraient fournir une production de mil beaucoup plus importante qu'actuellement. La définition du potentiel de production pour chaque type de terrain serait à revoir.

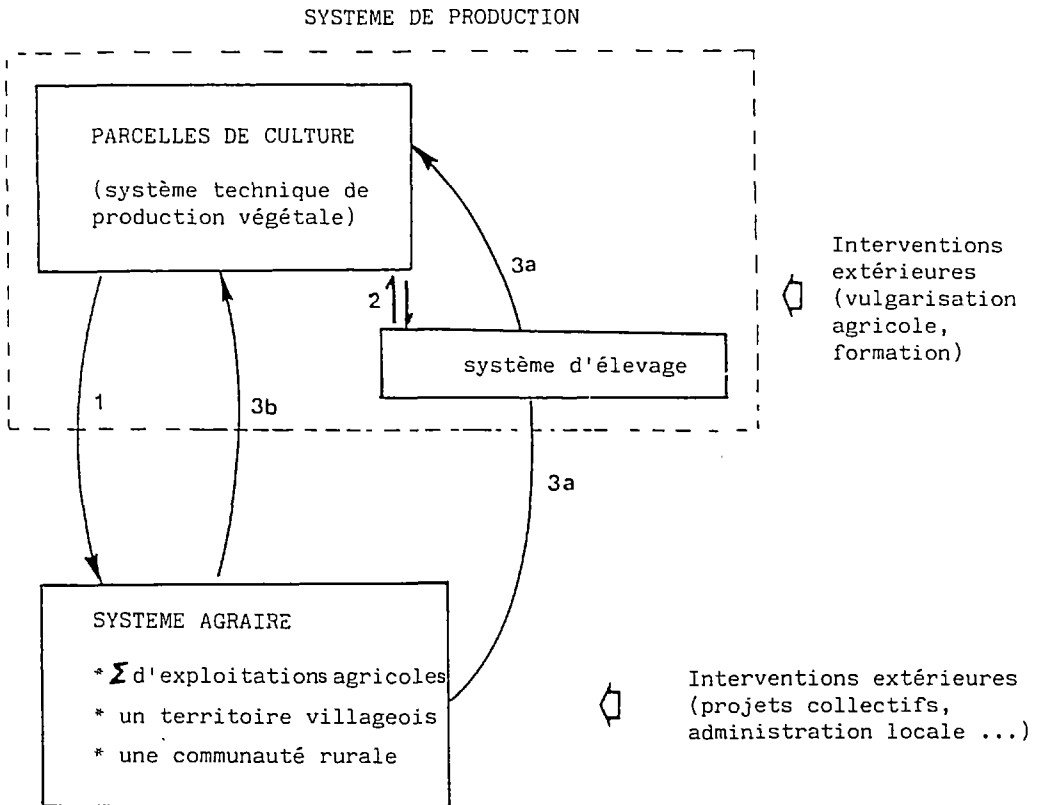
On peut présenter succinctement l'ensemble des propositions d'amélioration de la production vivrière ainsi que leurs conditions d'application raisonnées à l'échelle de l'exploitation agricole et du territoire villageois (tableau 43). A plusieurs reprises nous avons évoqué la nécessité de prendre en compte les différents niveaux de décision de l'utilisation de l'espace agraire (la parcelle, l'exploitation agricole, le quartier, le village...). La mise en œuvre d'innovations techniques par un individu isolé ou pas un pourcentage important de la population d'un village révèle trois types de relations entre ces différents niveaux (figure 66) :

- l'innovation technique au niveau de la parcelle n'interfère pas avec d'autres éléments du système agraire ; si l'innovation se révèle performante, sa diffusion n'est pas à priori limitée ;

(1) L'arachide principalement, dans le but de fournir le marché local. L'expérience menée avec les paysans de référence, a montré que cette culture pouvait couvrir l'achat des intrants nécessaires à toutes les parcelles de l'exploitation.

(2) Les pluies en 1988 ont été abondantes (de 600 à 800 mm selon les villages du Yatenga) bien réparties sur seulement trois mois (juillet, août et septembre) et quasiment absentes en mai, juin et octobre. C'est une situation encore différente de l'année pluvieuse « moyenne » étalée sur six mois (période 1940-1960) et qui pose de gros problèmes d'érosion et d'engorgement des bas-fonds.

Figure 66 : Relations entre les différents niveaux de décision concernant l'adoption d'innovations techniques par les producteurs



Exemples :

- 1 - Diffusion d'une variété améliorée
(sans problème de reproduction de la semence)
- 2 - Fabrication du fumier
⇒ conduite des troupeaux
- 3 a - Réglementation des déplacements des troupeaux
en saison sèche et agroforesterie
- 3 b - Lutte contre le ruissellement au niveau de la
parcelle et du bassin-versant.

- la mise en œuvre d'une technique culturale peut nécessiter la modification de la gestion d'un élément du système de production, par exemple du système d'élevage. Si cela est possible, l'innovation technique peut être vulgarisée à un type ou à l'ensemble des exploitations de la région ;

- l'organisation actuelle des communautés villageoises et les règles sociales qui y sont associées limitent ou autorisent la diffusion d'innovations techniques par un ou plusieurs paysans.

Par exemple les pratiques d'agroforesterie ne sont envisageables que si il y a une réglementation concernant la circulation des animaux en saison sèche. Des conflits entre exploitations peuvent se comprendre, l'agriculteur qui possède un cheptel important aura intérêt, à court terme, à laisser ses animaux divaguer et brouter les résidus culturaux de ses voisins. Inversement des techniques limitant le ruissellement et l'érosion peuvent avoir des effets positifs pour toutes les exploitations concernées par un aménagement collectif. Leur mise en œuvre et leur efficacité impliquent un consensus et une participation de l'ensemble des paysans. Il est possible par ailleurs que les bons résultats obtenus par une technique adaptée par quelques producteurs incite les autres agriculteurs à priori peu concernés à s'y intéresser. Ceci implique de suivre précisément l'évolution sociale de ces communautés et de leurs centres d'intérêts prioritaires (l'importance des flux migratoires dans le sens du départ mais aussi du retour, la dynamique des secteurs extra-agricoles, l'évolution de l'élevage...).

L'élaboration de propositions pour le développement agricole d'une région implique qu'on les ait testées aux différents niveaux de perception des problèmes (la parcelle; l'exploitation agricole, le terroir...). Ceci implique de mettre en œuvre un processus de recherche-développement auquel sont associés les paysans et l'ensemble de la communauté rurale. Outre les méthodes de diagnostic et d'expérimentation déjà bien établies, ce processus doit nécessairement développer des méthodes de formation des producteurs et de vulgarisation des innovations.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les étapes du travail et les enseignements d'ordre méthodologique

La durée dans l'action nous a permis d'avancer à la fois dans la compréhension des phénomènes mais aussi dans la mise au point et le choix des méthodes utilisées. Ce document rédigé à posteriori ne met pas clairement en évidence ce cheminement. Les premières années de notre intervention étaient principalement axées sur la mise au point et le transfert de technologies provenant dans la plus part des cas des stations expérimentales. Notre connaissance des problèmes des agriculteurs provenait plus de la confrontation quasi permanente avec les réalités du terrain que d'un diagnostic préalable, réalisé à différentes échelles et finalisé. Au fil des années, à cette démarche linéaire (essai --- > test en milieu paysan --- > pré vulgarisation) s'est substituée une démarche systémique (figure 67) centrée sur le diagnostic de situation et la concertation avec les paysans (identification des problèmes des producteurs et de leur capacité d'évolution). De cette expérience on peut tirer **plusieurs enseignements** :

- il est nécessaire de prendre le temps d'établir un diagnostic avant d'engager des interventions innovatrices ; ceci n'exclut pas que cette phase de diagnostic préalable peut être assez rapide (une saison de culture par exemple) et permettre ainsi d'initier des actions de développement expérimental. Ce diagnostic doit être réactualisé au fur et à mesure du déroulement du programme et enrichi des réactions des paysans par rapport aux solutions testées ;

- **l'exploitation agricole** (et l'agriculteur) reste le niveau d'intervention privilégié d'un programme de recherche-développement ; c'est à ce niveau que se prennent les décisions concernant la production. D'où la nécessité de prendre en compte la diversité de ces exploitations et de les considérer comme des « entreprises » productrices. La recherche de solutions économiquement viables, l'organisation d'un appui aux producteurs en matière de gestion, de crédit, de constitution de capital sont donc des axes d'intervention à ne pas sous estimer ;

- toutefois, l'exploitation agricole ne peut pas être le seul niveau d'analyse et d'intervention. **L'espace villageois** et les relations avec l'extérieur doivent faire l'objet d'études qui permettent d'élaborer des propositions concrètes, vulgarisables, prenant en compte la reproductibilité des systèmes agraires. Cette nécessité implique des équipes associant des disciplines complémentaires : géographie, économie, sociologie, agronomie...

Face à cette relative complexité, un équilibre entre les différentes phases de recherche et de recherche-développement, (diagnostic, expérimentation, déve-

loppement expérimental) et les différents niveaux de décision et d'intervention (parcelles, exploitation, village) est donc à rechercher.

Ce cheminement forgé à partir de l'expérience sur le terrain (des réussites mais aussi des échecs) a été enrichi par les apports méthodologiques du programme « Dynamique des systèmes agropastoraux en zone soudano-sahélienne » de l'ORS-TOM, intervenant dans la même province. Ceci nous permet de mieux définir le cadre dans lequel l'expérimentateur doit intervenir (« le cahier des charges ») :

- la hiérarchisation des problèmes des communautés rurales ;
- le contexte social de l'intervention et les répercussions d'un changement technique sur son fonctionnement et sur l'environnement physique ;
- les capacités techniques et économiques des producteurs par rapport aux innovations.

Nous ne reviendrons pas sur les **méthodes d'expérimentation** et sur les relations entre diagnostic, essai en milieu contrôlé et tests en réalisés par les paysans (cf. conclusion de la quatrième partie). Dans le processus d'élaboration d'un référentiel technique il semble opportun de dépasser l'étude des relations entre le peuplement végétal, le milieu et les techniques. L'expérimentation d'innovations ne peut-elle pas se réaliser au niveau des systèmes techniques de production végétale, à l'échelle de l'exploitation agricole (FILLONEAU, 1988) ? Ce type de démarche nécessite la collaboration et l'engagement total de l'agriculteur sans que celui-ci soit totalement assisté et que son exploitation devienne une « ferme pilote » coupée de la réalité. La mise au point de ces méthodes d'expérimentation est donc à poursuivre. Parallèlement la modélisation qui permet de simuler différentes options de développement pour divers types d'exploitation, est aussi une voie de recherche à envisager. Notre souci ici n'est pas de se substituer aux producteurs, mais de mieux prendre en compte ses objectifs et ses logiques.

Les résultats obtenus et les perspectives pour un développement de l'agriculture au Yatenga

Malgré les contraintes qui pèsent sur l'agriculture du Yatenga, **des possibilités d'améliorer la production des cultures céréalières** ont été mises en évidence. L'amélioration de l'alimentation hydrique des cultures basée sur une valorisation maximale des eaux de pluies est un préalable incontournable. Lorsque les risques de déficit hydrique sont limités, les cultures peuvent valoriser et rentabiliser les apports de fertilisation ; ces deux facteurs sont complémentaires et leur maîtrise est nécessaire si l'on veut augmenter les rendements du mil, culture prépondérante dans cette région, et limiter la baisse de la fertilité des sols. La mise en œuvre de ces techniques d'intensification doit se raisonner par rapport à la variabilité du milieu physique (climat, terrain) et dans une moindre mesure, par rapport à la diversité de fonctionnement des exploitations agricoles.

Si le chef d'exploitation décide lui-même des stratégies qu'il va mettre en œuvre pour conduire les cultures à l'échelle de ses parcelles, certaines améliorations de la production céréalière nécessitent des interventions à un niveau supérieur (le terroir ou le finage). Ainsi, la valorisation des pluies implique de contrôler le ruissellement en favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol ou son stockage dans des retenues. Pour être efficaces, ces travaux doivent se décider au niveau du village, du bassin versant ou du quartier de culture. De même un consensus général à l'échelle du village et une organisation des producteurs sont nécessaires à la mise en place et au respect de règles de gestion de la terre, des pâturages et des ressources ligneuses. Ces règles sont indispensables pour maintenir la fertilité des sols cultivés ainsi qu'un élevage prospère et producteur de fumure organique.

La prise en compte de l'utilisation collective d'un espace agraire et de la diversité des terrains de culture dans l'élaboration de propositions fait ressortir l'importance d'une **zonation du milieu**. Du point de vue de l'agronome ceci implique une bonne connaissance du milieu physique et des stratégies des producteurs d'une part, et des relations entre l'élaboration de la production et les caractéristiques de ce milieu d'autre part. Le référentiel technique dont nous avons présenté les aspects principaux reste encore incomplet ; la valorisation des bas-fond et l'intensification des systèmes de culture qui y sont associés n'ont pas été abordées par exemple. Ce référentiel devra être par ailleurs révisé en fonction de l'évolution des conditions de production (climat) et des stratégies technico-économiques des agriculteurs.

La diversité des situations culturelles et les difficultés techniques et économiques des paysans à transformer leur système de production, impliquent pour l'agronome de mettre en œuvre **des méthodes de recherche originales** : l'expérimentation dans les conditions du producteur, l'évaluation des innovations avec les paysans et l'étude des conditions nécessaire à la diffusion de ces innovations à l'échelle régionale.

Pour les organismes de développement, ces conditions entraînent des modalités d'intervention particulières. La proposition de quelques solutions techniques passe-partout a peu de chances d'aboutir à des résultats conséquents. Dans le cas du Yatenga, le développeur doit donc raisonner ses propositions à la fois par rapport aux différentes situations culturelles et à la diversité des exploitations agricoles ; ceci implique de renforcer le dialogue avec les agriculteurs, de s'intéresser à leur formation. Des méthodes de vulgarisation doivent être mises au point plus axées sur la compréhension des problèmes et des solutions à mettre en œuvre à l'échelle de l'exploitation ou du village que sur un simple conseil technique. Pour répondre à ces objectifs une collaboration étroite sur des terrains d'intervention communs entre la recherche et le développement, (déjà engagée depuis plusieurs années), devient une nécessité. Face aux contraintes qui pèsent sur l'agriculture du Yatenga, les chercheurs et les développeurs se doivent d'apporter des solutions ; mais le développement agricole de cette région ne sera possible que si les populations s'organisent autour d'objectifs à long terme.

LEXIQUE

Champ*	Pièce de terre d'un seul tenant dépendant de la même unité de production.
Dégradation	Processus caractérisant l'évolution rétrograde d'éléments d'un système a priori reproductible : dégradation des sols, de la végétation naturelle, du pâturage ...
Finage*	Etendue du territoire exploité par une communauté rurale (ou territoire villageois.
Jachère	Pièce de terre d'un seul tenant, anciennement cultivée et laissée au repos durant une période déterminée en vue de restaurer sa fertilité.
Milieu physique	Ensemble structuré de l'espace comprenant le climat, la terre et les ressources naturelles exploitables par l'homme (ou milieu naturel).
Parcelle*	Pièce de terre d'un seul tenant portant au cours d'un cycle cultural donné la même culture ou la même association de cultures et gérée par un seul individu ou un groupe déterminé d'individus.
Quartier de culture	Espace d'une dizaine voire d'une centaine d'hectares désigné par un terme vernaculaire, caractérisé par une unité de paysage et rassemblant les parcelles de plusieurs exploitants agricoles non nécessairement apparentés.
Réserve foncière	Ensemble des terres appartenant à un exploitant agricole ou à un groupe d'exploitants, non cultivées une année donnée et rassemblant les jachères, les zones non défrichées et les terrains dégradés incultes pouvant être régénérés.
Ressources naturelles	Ressources (ou produits) provenant de processus biologiques non directement contrôlés par l'homme et exploitables à l'échelle de la région du territoire villageois : la terre, l'eau (nappe phréatique), le pâturage et le bois.
Système agraire*	Mode d'exploitation du milieu, historiquement constitué et durable. Système de force de production adapté aux conditions bio-climatiques d'un espace donné et répondant aux conditions et aux besoins sociaux du moment.

Système de culture*	Ensemble de parcelles cultivées de façon homogène et en particulier soumises à la même succession culturale.
Système d'élevage*	Ensemble des techniques et des pratiques mises en oeuvre par une communauté pour exploiter dans un espace donné les ressources végétales par des animaux dans des conditions compatibles avec ses objectifs et avec les contraintes du milieu.
Système de production*	Ensemble structuré de moyens de production combinés entre eux pour assurer une production végétale et/ou animale en vue de satisfaire les objectifs des responsables de la production.
Système technique de production végétale*	Ensemble des parcelles gérées par un exploitant agricole en fonction de stratégies adaptées aux différentes situations agroclimatiques.
Terrain dégradé	Terrain ayant subi un phénomène érosif, devenu inculte ou en voie de l'être.
Territoire villageois	Voir finage
Terroir*	Zone d'un finage où les modes de mise en valeur sont semblables.

* Définitions tirées du document "Appui pédagogique à l'analyse du milieu rural dans une perspective de développement". Bedu L. et al., 1987. Collection Doc. Systèmes Agraires n° 8. DSA/CIRAD. 191 p.

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

AUBREVILLE, A., 1949 - Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. d'édit., géogr. maritimes et coloniales, Paris, 351 p.

B.A.R.A., 1976 - Situation actuelle de l'ORD du Yatenga (FED.ET/1 1986), Paris-Bruxelles, 137p.

BARO E., 1981 - Recherche et développement. Esquisse d'une cartographie des sols de Sabouna (HV) en vue de leur aménagement et mise en valeur. Mémoire de DEA. INPL, ENSAIA, Nancy, 88 p.

BATIONIO A. et al., 1985 - Evaluation agronomique et économique de sources alternatives d'engrais phosphatés. In : « Technologie appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest ». FSU-SAFGRAD, Ouagadougou.

BEDU L., 1986 - Contribution à la mise en valeur des sols du Yatenga. Le cas de Ziga. Mémoire d'étude ENSAA/CNEARC/CIRAD-DSA, 65 p.

BENEFICE E. et al., 1980 - Enquêtes sur l'état nutritionnel en zone tropicale sèche (Sahel 1976-1979). Méthodologie et résultats, ORANA, Dakar.

BERTRAND R. et al., 1972 - Exportations minérales par le mil et l'arachide. Conséquences pour la définition d'une fumure d'entretien d'un sol ferrugineux tropical développé sur matériau éolien à Tarna (Niger). Agron. Trop., 27(12).

BILLAZ R., 1979 - Recherche développement au Yatenga. Fascicule 1 : Un village du Yatenga, ses hommes, ses cultures, 40 p. Fascicule 2 : Approche agroécologique, 35 p. IPD/AOS, Ouagadougou.

BILLAZ R., 1980 - Sabouna un village du Yatenga : ses hommes, ses cultures. Les systèmes de culture. IPD-AOS, Ouagadougou, 103 p.

BILLAZ R., 1982 - Problèmes posés par l'évaluation d'un programme de culture attelée. Exemple du Yatenga en Haute-Volta. Economie rurale, n° 147-148.

BILLAZ R., TOURTE R., 1982 - Approche des systèmes agraires et fonction recherche-développement : contribution à la mise au point d'une démarche. Agron. Trop., 37(3).

BOIFFIN J., 1980 - Les bases agronomiques de l'évaluation des sols : appréciation et contrôle des aptitudes culturales. Techniques agricoles, 12 p.

BOIFFIN J., SEBILLOTTE M., 1982 - Fertilité et, potentialité, aptitudes culturales. Signification actuelle pour l'agronomie. BTI, numéro spécial 370-372.

BOIFFIN J. et al., 1982 - Elaboration du rendement et fertilisation azotée du blé d'hiver en campagne crayeuse. Agronomie, II (5).

BONO M., 1962 - L'expérimentation variétale sur mil (*Pennisetum*). Les obstacles. Les résultats. L'orientation nouvelle de l'amélioration. Agron. Trop., 17(9).

BOULIER, JOUVE P., 1988 - Etude comparée de l'évolution des systèmes de production sahéniennes et de leur adaptation face à la sécheresse. DSA/CIRAD, 146 p.

CAPILLON A., SEBILLOTTE M., 1980 - Etude des systèmes de production des exploitations agricoles. Une typologie. In : « Caribbean seminar on farming systems research. Methodology ». Point-à-Pitre, ICCA-INRA.

CHARREAU C., NICOU R., 1971 - L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. Agron. Trop., Bulletin agronomique n° 23.

CHANTEREAU J., ETASSE C., 1976 - Création des populations naines de mil au Niger. Agron. Trop., 31(3).

CHOPART J.-L., 1975 - Influence du labour et de la localisation de l'engrais en profondeur sur l'adaptation à la sécheresse de différentes cultures pluviales au Sénégal. ISRA-CNRA Bambey, multigr. 172 p.

CHOPART J.-L., 1980 - Etude au champs des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (arachide, mil, sorgho, riz pluvial). Thèse de doctorat. INP, Toulouse, 160 p.

CHOPART J.-L., 1983 - Etude du système racinaire du mil (*Pennisetum typhoides*) dans un sol sableux du Sénégal. Agron. Trop., 37(1).

CISSE L., 1986 - Etude des effets d'apports de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production de mil et d'arachide sur un sol sableux dégradé du Centre-Nord du Sénégal. Thèse de doctorat. INPL, Nancy, 184 p.

DAGNELIE P., 1973 - Théorie et méthode statistiques. Vol. 1. Ed. Presse agronomique de Gembloux, 377 p.

DE MILLY H., 1983 - Stratégies paysannes en matière d'implantation des cultures dans 4 exploitations du village de Sabouna (Yatenga). Mémoire d'étude ENSAA/CNEARC/IRAT, 114 p.

DUGUE M.J., 1986 - Fonctionnement des systèmes de production et utilisation de l'espace dans un village du Yatenga : Boukéré (Burkina Faso). Collection Documents systèmes agraires, n° 1, DSA/CIRAD, 54 p.

DUGUE M.J., 1987 - Variabilité régionale des systèmes agraires au Yatenga. Conséquences pour le développement. INERA/DSA-CIRAD, rapport multigr., 53 p.

DUGUE P., 1982 à 1987 - Rapport d'activités du projet de Recherche-Développement au Yatenga. INERA/DSA-CIRAD, 6 volumes.

DUGUE P., 1984 - Effet de la date de semis et du travail du sol sur une parcelle paysanne. IRAT/IVRAZ, rapport multigr., 18 p.

DUGUE P., 1985 - L'utilisation des résidus de récolte dans un système agropastoral sahélo-soudanien au Yatenga. Collection Documents systèmes agraires, n° 4, DSA/CIRAD.

DUGUE P., 1985 - La préparation du sol en zone sahélo-soudanienne : atouts et contraintes. In : « Technologies appropriées pour paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest ». FSU/SAFGRAD, Ouagadougou.

DUGUE P., 1986 - Bilan de quelques expériences de machinisme agricole au Yatenga. Perspectives pour le développement. INERA/DSA-CIRAD, rapport multigr., 30 p.

DUGUE P., 1986 - Appropriation des techniques de lutte contre l'érosion et le ruissellement par les paysans du Yatenga. In : « Aménagements hydro-agricoles et systèmes de production ». Collection Documents systèmes agraires, n° 6, tome I, DSA/CIRAD.

DUGUE P., 1986 - Utilisation des ressources en eau à l'échelle d'un village : perspectives de développement de petits périmètres irrigués de saison des pluies et de saison sèche au Yatenga. Contraintes techniques et socio-économiques. In : « Aménagement hydro-agricoles et systèmes de production ». Collection Documents systèmes agraires, n° 6, tome I, DSA/CIRAD.

DUGUE P., 1988 - Mise au point des innovations techniques et adoption par les paysans : l'exemple du Yatenga au Burkina Faso. Les Cahiers de la R-D n° 17.

ELLSASSER K., 1988 - Le projet recherche-développement Yatenga en 1988. La zone à dominante pastorale (La région de Bahn, Nord Yatenga), rapport multigr., 11 p.

FAHO T., 1983 - Etude des temps de travaux dans un système de culture traditionnelle. Mémoire d'étude ISP/IDR, Ouagadougou, 75 p.

FILLONEAU C., 1988 - La gestion de « Systèmes de culture sous contraintes ». Intérêt pour des opérations de développement agricole. Les Cahiers de la R-D, n° 17.

FOREST F., 1984 - Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales. Présentation et utilisation du logiciel BIP. IRAT-CIRAD, rapport multigr., 61 p.

FOUSSE W., 1982 - L'introduction de la culture attelée au Yatenga. Mémoire d'étude, ENSAA/CNEARC/IRAT, 76 p.

FRANCILLON G., 1988 - Application du logiciel LISA à un exemple de traitement d'enquête : analyse démographique des communes de la Haute-Loire. Cahiers R/D, n°18.

GANRY F., 1975 - Importance des enfouissements de matière organique dans l'amélioration des systèmes culturels au Sénégal. ISRA, Bambey, multigr., 46 p.

G.E.R.E.S., 1965 - Périmètre de restauration des sols de Ouahigouya. Rapport général de synthèse GERES/VOLTA, Ouagadougou, 200 p.

HEBERT J., 1960 - Evolution hebdomadaire de l'azote minérale en sol nu et sans culture pendant deux ans dans le Nord de la France. Trans. of 7th intern. Congress of Soil Sc., Madison, USA, 82-90.

HENIN S., DEFFONTAINES J.-P., 1970 - Principe et utilité de l'étude des potentialités agricoles et régionales, Cr. Acad. Agric. Fr., p. 463-473.

HENIN S. et al., 1969 - Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. 2^e éd., Masson, Paris, 332 p.

JOUBE P., 1985 - Eléments de réflexion pour structurer un programme de recherche agronomique prenant en compte les modes d'exploitation du milieu par les paysans. Doc. méthodologique, DSA-CIRAD, multigr., 11 p.

JOUBE P., 1985 - L'analyse agronomique de situations culturelles. Document méthodologique. DSA-CIRAD, multigr., 12 p.

JOUBE P., MERCOIRET M.-R., 1988 - La recherche développement : une démarche pour mettre les recherches sur les systèmes de production au service du développement rural. Les cahiers de la R-D, n° 16.

KABORE M., 1984 - Les sols et leur mise en valeur à Ziga. L'approche paysanne et l'impact des innovations. Mémoire d'étude ISP, Ouagadougou, 75 p.

LETHIEC G., 1987 - Essais de matériel de travail du sol en sec. Rapport de mission au Burkina Faso, mai 1987, CEEMAT/CIRAD, multigr., 22 p.

MARCHAL J.-Y., 1983 - Yatenga. Nord Haute-Volta. La dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. Travaux et documents de l'ORSTOM, n° 167 p. 849 p.

MARCHAL J.-Y., 1984 - Lorsque l'outil ne compte plus. Techniques agraires et entités sociales au Yatenga. In : Cahiers ORSTOM, sér. sci. hum., vol. XX, n° 3-4.

MATLON P., 1985 - Analyse critique des objectifs, méthodes et progrès accomplis à ce jour dans l'amélioration du sorgho et du mil : une étude de cas de l'ICRISAT Burkina Faso. *In* : « Technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest ». FSU/SAFGRAD, Ouagadougou.

MILLEVILLE P., 1972 - Approche agronomique de la notion de parcelle en milieu traditionnel africain : la parcelle d'arachide en moyenne casamance. Cahiers ORSTOM, sér. biol., n° 17.

MILLEVILLE P., 1974 - Enquête sur les facteurs de la production arachidière dans trois terroirs de la moyenne Casamance. Cahiers ORSTOM, sér. biol., n° 24.

NICOU R., 1978 - Etude de successions culturales au Sénégal. Résultats et méthodes. Agron. Trop., 33(1).

NICOU R., OUATTARA B., SOME L., 1987 - Effets des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, maïs, mil) au Burkina Faso. INERA, Ouagadougou, multigr., 77 p.

OUOBA B., 1985 - Ressources fourragères et possibilités d'amélioration de l'élevage au Yatenga. Approche quantitative de la pâture arborée à Boukéré. Mémoire d'étude IDR/DSA-CIRA, 60 p.

PICHOT J. et al., 1981 - Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. Agron. Trop., 36(2).

PIERI C., 1982 - La fertilisation potassique du mil et ses effets sur la fertilité d'un sol sableux du Sénégal. *In* : IIP section 27, n° 4.

PIERI C., 1985 - Fertilisation des cultures vivrières et fertilité des sols en agriculture paysanne sub-saharienne : l'expérience de l'IRAT. *In* : « Technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest ». FSU/SAFGRAD, Ouagadougou.

PIERI et al., 1978 - Proposition pour une interprétation agro-économique des essais d'engrais. Exemple des fumures azotées et potassique du mil au Sénégal. Agron. Trop., 33(1).

PILLOT D., 1987 - Recherche développement et Farming System Research. Concepts, approches et méthodes. Collection Travaux de recherche-développement - Réseau R-D, 40 p.

RAMDE T., 1985 - Analyse des relations entre les ressources fourragères et les pratiques d'élevage au Yatenga. Cas des villages de Boukéré et Senokayel. Mémoire d'étude ISP/IRAT, 127 p.

RICHARD J.-F. et al., 1976 - Le modèle « 4 S ». Programme linéaire pour les exploitations agricoles du Siné Saloum Sud au Sénégal. INRA/ISRA/IRAT, Paris.

RODRIGUEZ L., 1987 - Les aménagements collectifs contractuels de Ziga et Sabouna. Présentation, évolution et perspectives. ORD, Yatenga, 13 p.

ROOSE E., 1981 - Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Travaux et documents de l'ORSTOM, n° 130, 566 p.

SEBILLOTTE M., 1978 - Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. Acad. agr. France, 14/6, p. 906-914.

SEBILLOTTE M., 1979 - Exigences nouvelles pour l'agriculture : les systèmes de cultures pourront-ils s'adapter ? La collecte des références et la connaissance agronomique. INA-PG, cycle supérieure d'agronomie, 29 p.

SEBILLOTTE M., 1987 - Les démarches de l'agronome en situations paysannes. Eléments de réflexion. *In* : « 4 th Thailand national farming systems seminar ». Prince of Songkla University, Haad Yai, Thailand, 7-10 avril 1987.

SEDOGO M. et al., 1981 - Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Thèse de doctorat INPL, Nancy, 198 p.

SEDOGO M. et al., 1982 - Utilisation agricole des phosphates naturels de Haute-Volta. Rapport de synthèse. Ouagadougou, IRAT, multigr., 40 p.

SERPANTIE G. et al., 1986 - La dynamique des rapports agriculture élevage en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso : diminution des ressources, organisation collective et stratégies d'éleveurs paysans au Nord du Yatenga. Cahiers de la Recherche-Développement, n° 9.

SERPANTIE G. et al., 1988 - La dynamique des états de surface d'un territoire agropastoral subsahélien sous aridification : conséquences pour les systèmes de production (à paraître).

SERPANTIE G. et al., 1989 - Transformations d'un système agropastoral soudano-sahélien (Bidi, Nord Yatenga, Burkina Faso). Cahiers de la Recherche-Développement, n° 20.

SIBAND P., 1981 - Croissance, nutrition et production du mil. Essai d'analyse du fonctionnement du mil en zone sahéenne. Thèse de docteur d'Etat, Montpellier, 301p.

TARDIEU F., MANICHON H., 1986 - Caractérisation en tant que capteur d'eau de l'enracinement du maïs en parcelle cultivée. Agronomie, 6(4) et 6(5).

TAUXIER L., 1917. Le Noir du Yatenga. Ed. Larose, Paris, 661 p.

TCHAKERIAN E., 1980 - Systèmes de cultures intensifs en sol Dior. Région Centre Nord du Sénégal. Résultats de la structure d'exploitation de Bambey. IRAT, multigr. 33p.

THURIET T., 1984 - Contribution à l'identification des systèmes d'élevage dans le Yatenga : cas du village de Sabouna. Mémoire d'étude ENSAA/CNEARC/IRAT, 132 p.

TIREL J.-C., 1987 - Intensification hier ? Extensification demain ? Un essai d'analyse d'images sur des clichés flous... INRA, Paris, multigr., 98 p.

TOURTE R., 1987 - Thèmes légers. Thèmes lourds ; systèmes intensifs : voies différentes ouvertes au développement agricole du Sénégal. Agron. Trop., 26(5).

TOURTE R., 1974 - Réflexions sur les voies et moyens d'intensification de l'agriculture en Afrique de l'Ouest. Agron. Trop., 29(9).

LISTE DES ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

II° PARTIE : LES CONTRAINTES A LA PRODUCTION AGRICOLE

Annexe 1 : Analyse fréquentielle de la pluviométrie décadaire.
Annexes 2 et 3 : Périodes sèches durant la phase optimale de végétation.

III° PARTIE : LE FONCTIONNEMENT DES EXPLOITATIONS AGRICOLES ET LEURS PERFORMANCES EN MATIERE DE PRODUCTION CEREALIERE.

Annexe 4 : Quelques caractéristiques de structure des exploitations enquêtées.
Annexe 5 : Dispersion des parcelles de céréales.
Annexe 6 : La structure des troupeaux
Annexe 7 : Evolution du taux d'équipement en matériel de transport.
Annexe 8 : Variation de la production céréalière par actif.
Annexe 9 : Comparaison des performances des exploitations agricoles en 1986 et 1987.
Annexe 10 : Relations entre les variables de productivité et les variables de structure d'exploitation.
Annexe 12 : Les revenus extra-agricoles au Yatenga.
Annexe 13 : Techniques d'aménagement.
Annexe 14 : description des techniques culturales.
Annexe 15 : Les calendriers culturaux selon les types d'exploitations.
Annexe 16 : Importance des fumures mixtes organiques et minérales.
Annexe 17 : Résultats de l'AFC "rendements parcellaires en mil".
Annexe 18 : Variabilité des rendements selon les types de terrain.

IV° PARTIE : ETUDES DES POSSIBILITES D'AMELIORATION DES PRODUCTIONS CEREALIERES.

Annexe 19 : Quelques caractéristiques physiques des sols des essais travail du sol.
Annexe 20 : Profils hydriques et techniques de travail du sol.
Annexe 21 : Effet du travail du sol sur l'enherbement.
Annexe 22 : Effets du travail du sol sur le tallage du mil.
Annexe 23 : Schémas des profils racinaires du mil réalisés sur l'essai travail du sol.
Annexe 24 : Résultats de l'essai travail du sol de Sabouna.
Annexe 25 : Résultats de l'essai travail du sol de Ziga.
Annexe 26 : Effet du travail du sol sur la production de paille de mil.
Annexe 27 : Test travail du sol en culture attelée.
Annexe 28 : Test "binage répété" en culture attelée.
Annexe 29 : Le travail du sol en sec.
Annexe 29 bis : Quelques caractéristiques physiochimiques des sols des essais fertilisation.

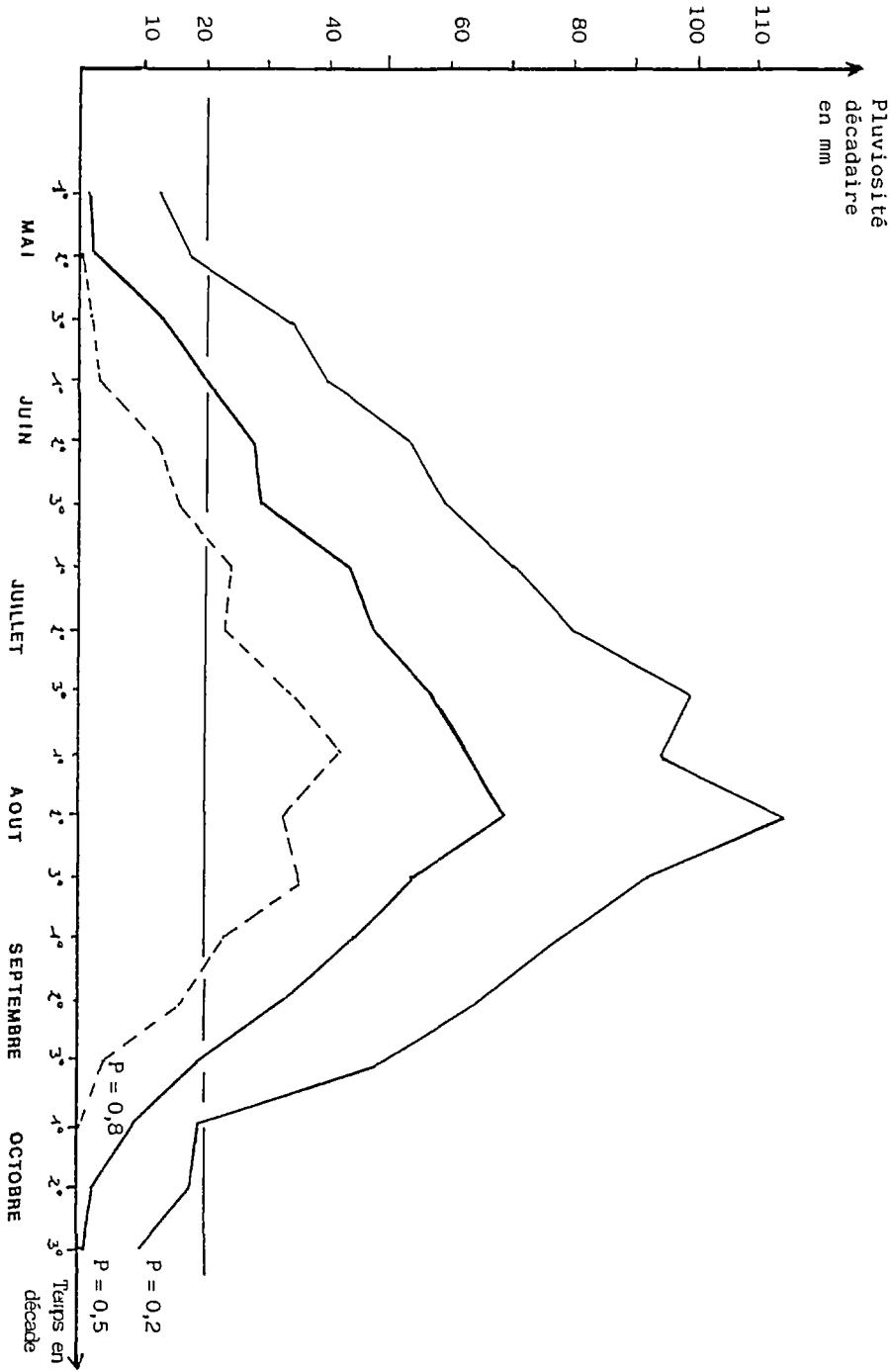
.../...

- Annexe 30 : Essai fumure vulgarisable - Ziga
- Annexe 31 : Essai Phosphate-urée.
- Annexe 32 : Essai Matière organique.
- Annexe 33 : Caractéristiques chimiques des différents fumures organiques expérimentées.
- Annexe 34 : Fumure organique et rendement en paille de mil, en années sèches.
- Annexe 36 : Résultats du test fertilisation - NPK sur sorgho.
- Annexe 37 : Résultats du test Burkinaphosphate X matière organique.
- Annexe 38 : Résultats du test Matière organique et travail au sol.
- Annexe 39 : Résultats du test fertilisation NPK, mil.
- Annexe 40 : Variation de la rentabilité de l'engrais dans les tests NPK.

V° PARTIE : QUELQUES PROPOSITIONS POUR AMELIORER LA PRODUCTION CEREALIERE AU YATENGA.

- Annexe 41 : Comparaison de la taille du troupeau entre les exploitations enquêtées et l'ensemble des exploitations de Sabouna.
- Annexe 42 : Schémas simplifiés de profils culturaux après labour.
- Annexe 43 : Evolution des surfaces travaillées en culture attelée (1983-1987).
- Annexe 44 : Evolution des travaux d'aménagement entre 1985 et 1987.
- Annexe 45 : Utilisation de la fumure minérale.
- Annexe 46 : Variation du stock de résidus de récolte par exploitation.
- Annexe 47 : Quelques résultats sur l'expérimentation d'irrigation de complément.
- Annexe 48 : L'opération "paysans de référence".

ANNEXE 1 : Analyse fréquentielle de la pluviométrie
décadaire. (période 1924-1987 - OUAHIGOUYA)



ANNEXES 2 et 3 : PERIODES SECHES DURANT LA PHASE OPTIMALE
DE VEGETATION

Analyse fréquentielle (1938-1987) du nombre de périodes sèches*
et nombre de jours correspondant () - Ouahigouya

Période	du 1er juillet au septembre	du 10 juillet au septembre	Juillet	Août	du 1 au 20 Septembre
Probabilité de dépassement					
0,8	1 (7)	1 (7)	0	0	0
0,5	1 (10)	1 (8)	0	0	0
0,2	3 (24)	2 (18)	1 (10)	1 (8)	1 (8)

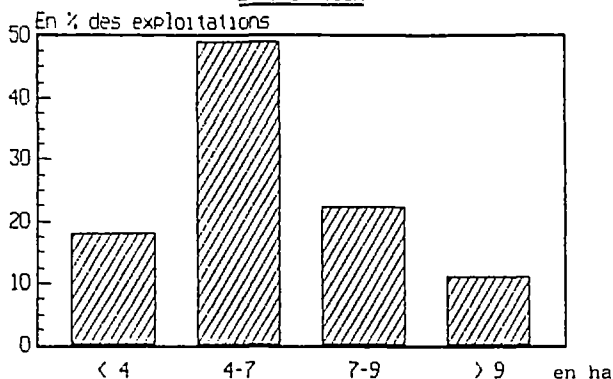
Nombre de périodes sèches* et nombre de jours correspondant ()
durant la phase optimale de végétation
Ouahigouya - 1982-1987

Périodes	1982	1983	1984	1985	1986	1987
1/07 au 20/09	5 (44)	4 (36)	3 (30)	3 (23)	2 (18)	3 (27)
Juillet	2 (13)	2 (15)	1 (8)	0	1 (9)	2 (17)
Août	2 (16)	1 (10)	1 (10)	1 (8)	0	1 (10)
1 au 20/09	1 (15)	1 (11)	1 (12)	2 (15)	1 (9)	0
Pluviométrie annuelle (mm)	361	361	391	421	591	422

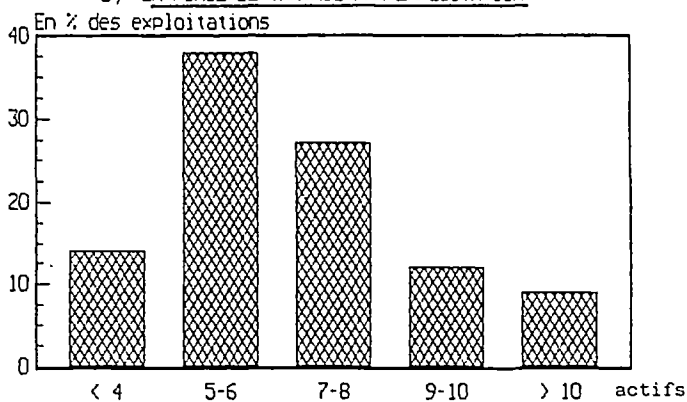
* Période sèche : plus de 6 jours consécutifs sans pluie

Annexe 4 : Quelques caractéristiques de structure des exploitations agricoles enquêtées

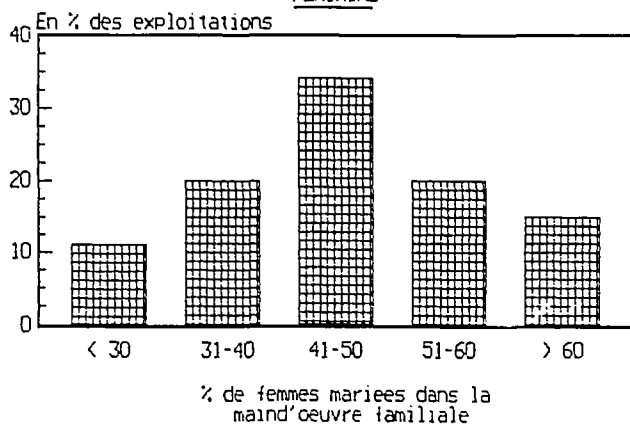
**a) SURFACE TOTALE CULTIVEE PAR
EXPLOITATION**



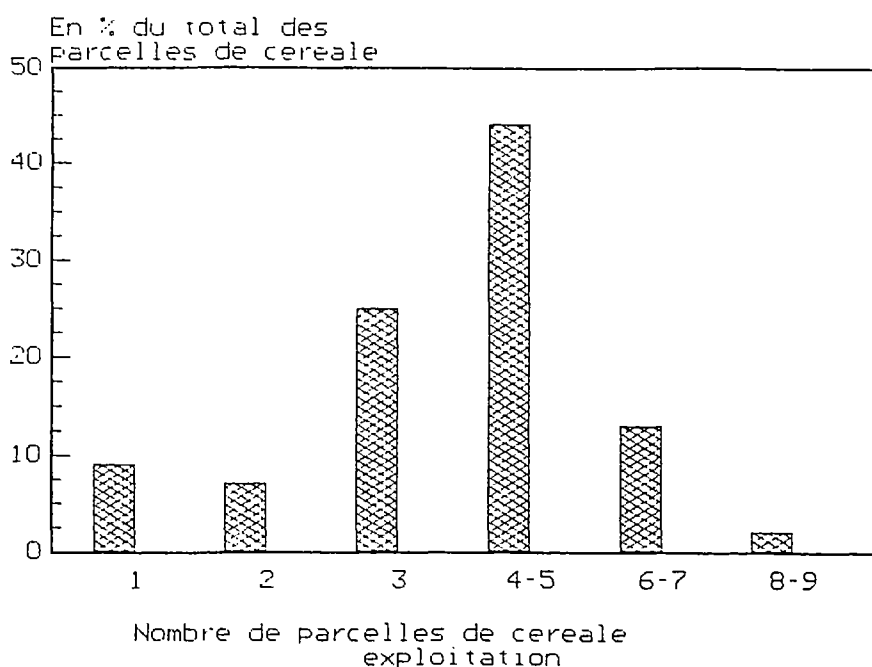
b) LA FORCE DE TRAVAIL PAR EXPLOITATION



**c) IMPORTANCE DE LA MAIN D'OEUVRE
FEMININE**



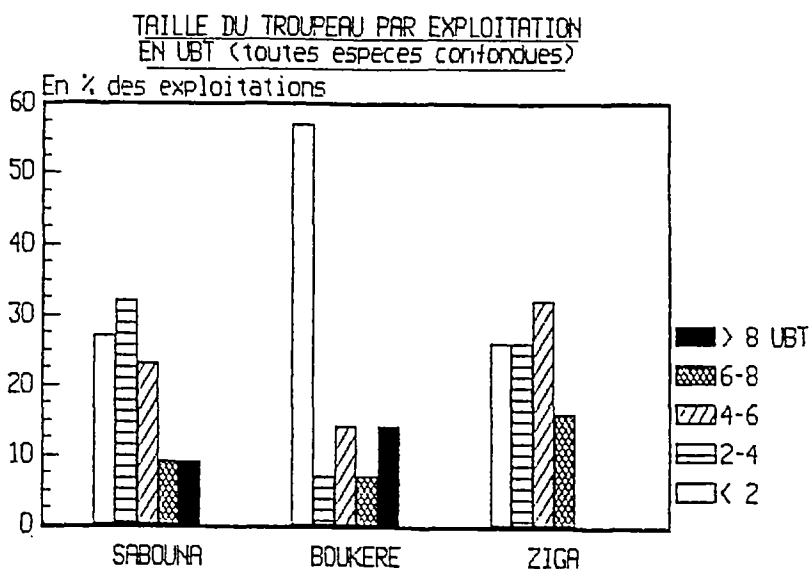
ANNEXE 5 : Dispersion des parcelles de céréale (mil, sorgho)



Dispersion et taille des parcelles de céréale.

	Sabouna	Boukéré	Ziga
Surface moyenne des parcelles de céréales en ha (coefficient de variation)	1.15 (87 %)	1.44 (77 %)	0.77 (50 %)
Nombre de parcelles de céréales par exploitation	4.2	3.9	4.3
Nombre d'exploitations misant sur une parcelle principale (unique ou prépondérante)	1	5	3

ANNEXE 6 : La structure des troupeaux



(1 bovin = 1 UBT, 1 petit ruminant adulte = 0,1UBT)

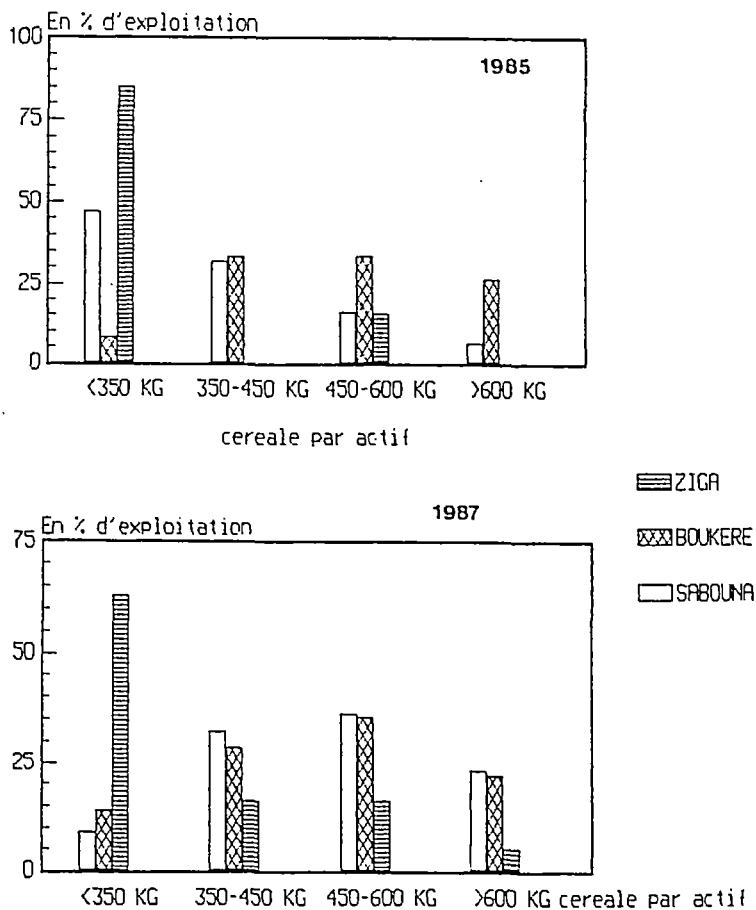
ANNEXE 7 : EVOLUTION DU TAUX D'EQUIPEMENT EN MATERIEL DE TRANSPORT (Charette asine)

Nombre d'exploitations suivies par situation	Sabouna	Boukéré	Ziga	Total
- Situation période 1978-1982				
. Transport asin (%)	10 (52%)	6 (42%)	13 (68%)	29
- Situation actuelle (1987)				
. (Transport asin)				
. matériel en état + âne	7	4*	9	20
. matériel hors d'usage	2	3	1	6
Différence (équipement en état)	-3	-2	-4	-9

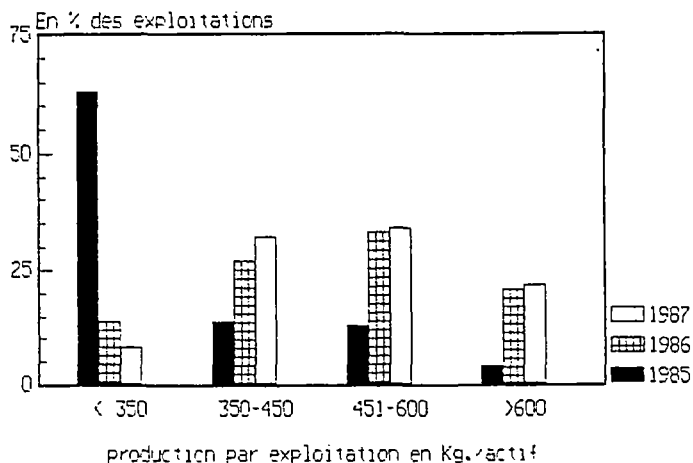
* La différence sur total correspond à un achat en 1985
(à crédit avec le projet R/D)

ANNEXE 8 : Variation de la production céréalière par actif et par exploitation (en Kg par actif)

a) Variations intervillages



b) Variations interannuelles de la production céréalière par actif, par exploitation.



ANNEXE 9 : COMPARAISON DES PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS AGRICOLES
EN 1986 ET 1987

Groupe de productivité/actif	Constitution des groupes 1986	Constitution des groupes 1987	Nombre d'exploitations appartenant au même groupe en 86 et 87
Groupe I < 350 kg/actif	<u>Total 13</u> 10 Ziga 3 Sabouna	<u>Total 16</u> 12 Ziga 2 Sabouna 2 Boukéré	9 1 0
Groupe II 350-400 kg/actif	<u>Total 16</u> 6 Ziga 7 Sabouna 3 Boukéré	<u>Total 14</u> 3 Ziga 7 Sabouna 4 Boukéré	3 3 3
Groupe IV 400-600 kg/actif	<u>Total 17</u> 2 Ziga 10 Sabouna 5 Boukéré	<u>Total 16</u> 3 Ziga 8 Sabouna 5 Boukéré	1 3 2
Groupe V > 600 kg/actif	<u>Total 9</u> 1 Ziga 2 Sabouna 6 Boukéré	<u>Total 9</u> 1 Ziga 5 Sabouna 3 Boukéré	1 1 3

Les 5 situations (sur 55) où la production par actif a fortement varié entre 1986 et 1987

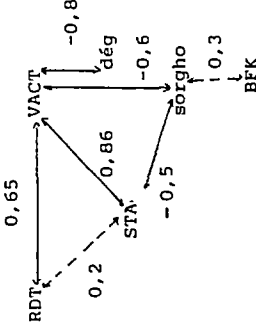
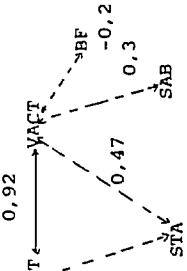
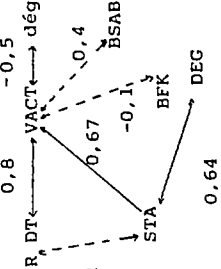
<p><u>Situation 1</u> : Exploitation ayant nettement régressé de 1986 à 1987 (groupe III -> groupe I)</p>	<p>KSA 1 (Sabouna) 527 kg/actif -> 341 kg/actif et KARV (Boukéré) 576 kg/actif -> 322 kg/actif. Le départ de ces deux chefs d'exploitation en pèlerinage à la Mecque a désorganisé le travail (sarclages réalisés tardivement, baisse du rendement moyen en céréale des exploitations 765 -> 508 kg/ha pour KSA 1, 574 -> 311 kg/ha pour KARV).</p> <p>LASS (Boukéré) 521 -> 339 kg/actif, abandonne une parcelle en 1987 malgré l'augmentation de sa main d'oeuvre familiale d'où baisse de la surface cultivée par actif (1,4 ha/actif -> 1ha)</p> <p>SISS (Ziga) 691 kg/actif -> 344 kg/actif, maintien de la même surface cultivée qu'en 1986 malgré l'augmentation de la main d'oeuvre familiale (la surface cultivée/actif évolue de 1,1 ha à 0,8 ha). De plus les rendements diminuent (661 kg/ha à 451 kg/ha)</p>
<p><u>Situation 2</u> : Exploitation nettement plus productive en 1987 qu'en 1986 (groupe I -> groupe III)</p>	<p>OBOR (Sabouna) 359 kg/actif -> 537 kg/actif. La structure d'exploitation est identique pour les deux années (1,3 ha/actif, mêmes parcelles). L'augmentation du rendement moyen en céréale (271 kg/ha -> 428 kg/ha en 87) est due principalement aux travaux d'aménagement réalisés en 1987 et au faible excès d'eau en bas-fond en</p>

**ANNEXE 10 : RELATIONS ENTRE LES VARIABLES DE PRODUCTIVITE
ET LES VARIABLES DE STRUCTURE D'EXPLOITATION**

Liste des abréviations

Rdt : rendement moyen céréalier de l'exploitation
VACT : production céréalière par actif de l'exploitation
STA : surface totale cultivée par actif
BFK : bas-fond et bord de bas-fond (kossogho)
DEG : terrain dégradé
SAB : terrain sableux et sablo-argileux

1985	1986	1987
<p>Pluviométrie déficitaire</p> <p>RDT 0,7 VACT 0,35 STA -0,4 BFK 0,9 sorgho</p> <p>Rendements faibles hors bas-fond, les producteurs qui cultivent extensivement n'ont pas de meilleurs résultats que les autres. La productivité du travail est liée principalement au rendement moyen puis à la place du sorgho donc l'importance des BF.</p>	<p>Pluviométrie satisfaisante</p> <p>RDT 0,6 VACT 0,3 STA -0,35 SAb 0,45 sorgho</p> <p>Pas de relation explicite entre type de terrain et productivité. La relation la plus forte est celle entre rendement moyen et productivité vivrière. Les rendements sont assez élevés vu la bonne pluviométrie, les exploitations à forte productivité sont celles qui ont pu atteindre un bon niveau de rendement. Le système extensif reste moins favorable.</p>	<p>Pluviométrie satisfaisante (inondation en septembre)</p> <p>RDT 0,2 VACT 0,7 STA -0,4 Sorgho</p> <p>La production par actif est liée principalement à la surface cultivée par actif (différence de 85 et 86) Ceci peut s'expliquer par une augmentation de la STA dans certains cas (stratégie d'extensification). Le niveau de rendement moyen n'est pas lié à VACT car le niveau est moyen.</p>

1985	1986	1987
<p>Pluviométrie moyenne</p>  <p>L'importance du sorgho n'est pas déterminante car une partie des terrains BFK est exploitée en mil. La productivité du travail est liée principalement au degré d'extensification puis au rendement moyen. Elle s'oppose à terrain dégradé et à sorgho, donc faible rendement. Le système extensif reste payant cette année-là.</p>	<p>Pluviométrie satisfaisante</p>  <p>Relation entre rendement moyen et productivité vivrière par actif très forte. Système extensif moins intéressant lorsque le rendement est assez élevé. Relation avec terrain faible, sorgho et BF pas intéressants car inondations très marquées. Sol sableux et bons sols donnent de meilleurs résultats.</p>	<p>Pluviométrie très moyenne à faible</p>  <p>La production par actif est liée à la fois au rendement moyen et dans une moindre mesure à la surface par actif - idem 1986 -. Le pourcentage de sol en bas-fond importe peu, par contre le pourcentage de sol de qualité hors bas-fond est assez bien corrélé à la VACT. Le poids de STAC est plus élevé car la saison a été plus mauvaise.</p>

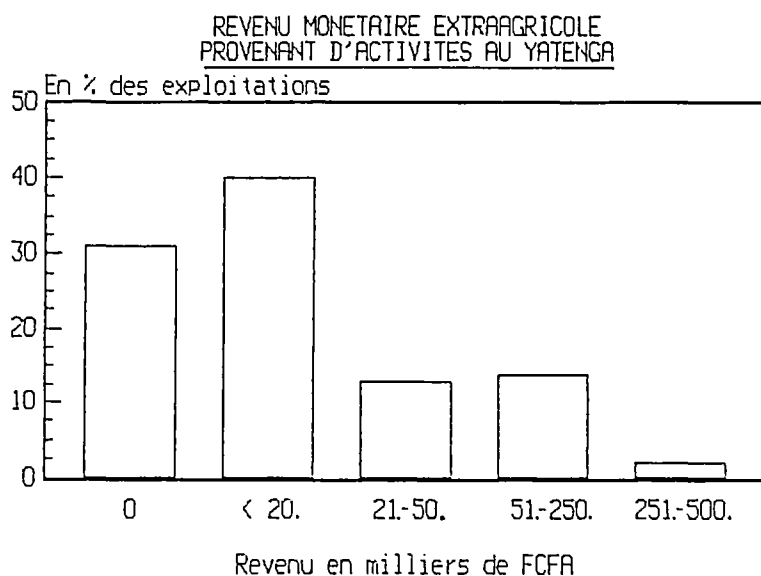
ZIGA

1985	1986	1987
<p>Pluviiosité moyenne</p> <p>BF 0,5 RDT 0,2 VACT 0,32</p> <p>Sorgho 0,4 0,7</p> <p>STK</p> <p>deg</p> <p>Il existe une liaison positive entre terrain bas-fond et rendement (logique) La place du sorgho n'est pas liée totalement au BF, le sorgho étant cultivé en dehors des BF sur d'assez grandes surfaces.</p> <p>La productivité vivrière par actif n'est pas liée au rendement moyen mais à la surface cultivée par actif.</p> <p>A Ziga, le foncier est limité et une partie des exploitations n'ont pas une surface par actif suffisante pour être autosuffisantes vu les rendements assez limités en 1985.</p>	<p>Pluviométrie moyenne en début de cycle</p> <p>RDT 0,75 VACT 0,37</p> <p>STK 0,65 Sorgho 0,51</p> <p>BFK</p> <p>Production par actif liée à la fois au rendement et à la surface totale par actif (différente de 1985). Le niveau de rendement moyen est plus élevé, les exploitations ayant de bons rendements peuvent avoir une production par actif élevée.</p> <p>Liaison faible avec les types de terrain.</p>	<p>Pluviométrie moyenne</p> <p>RDT 0,84 VACT 0,3</p> <p>STK 0,8 Sorgho 0,35</p> <p>BVB</p> <p>Liaison forte entre vivrier par actif et STK et rendement moyen d'autre part. (qualité du terrain importe peu sauf si dégradé).</p>

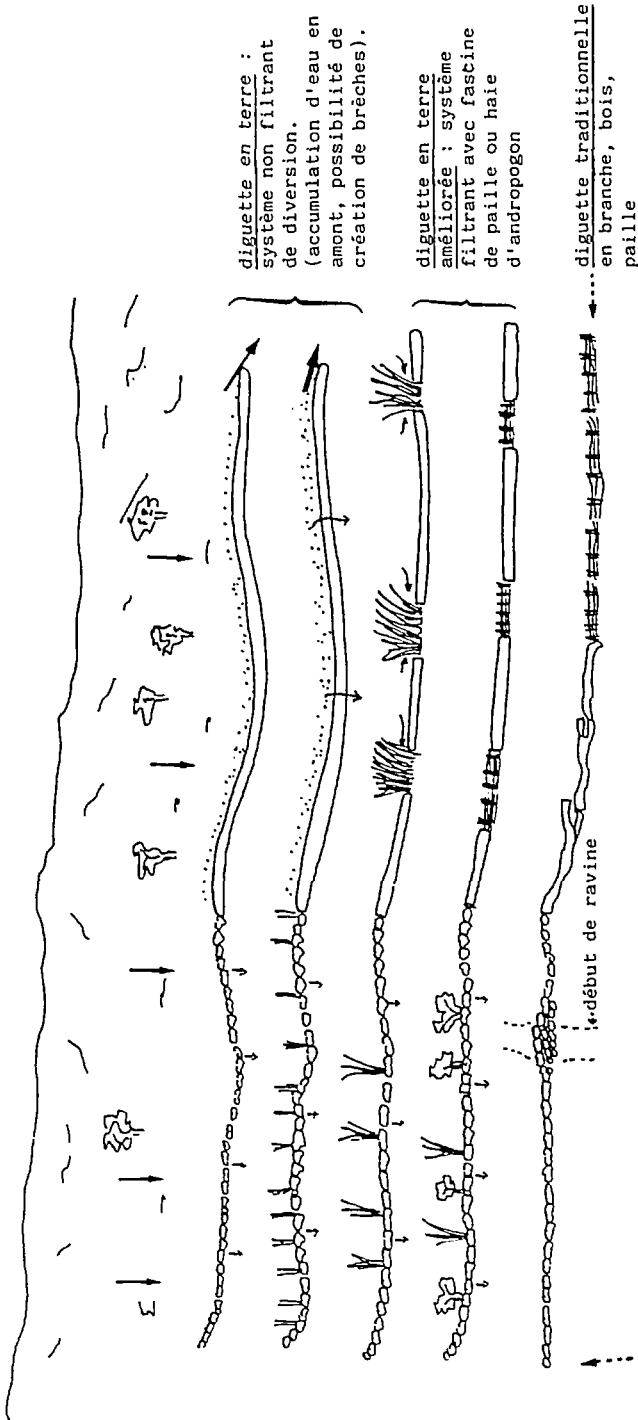
ANNEXE 12 : LES REVENUS EXTRA-AGRICOLES AU YATENGA

Sources de revenu extra-agricole autres que le travail
en migration, pour les exploitations enquêtées

Types d'activité	Nombre d'exploitations	%	Gamme de revenus en F CFA
Aucune	17	31%	0
Artisanat local (natte, tissage, cuir...)	18	33%	10.000-40.000
Commerce local	11	20%	10.000-25.000
Commerce important (local, de gros, import-export de céréales, d'animaux...)	5	9%	100.000-500.000
Pension, salaire	4	7%	200.000-250.000



Quelques techniques d'aménagement limitant le ruissellement à l'échelle de la parcelle



cordons pierreux en courbe de niveau :

- . système filtrant, bonne répartition de l'eau sur la parcelle
- . à associer avec des plantations d'arbres, d'arbustes et d'andropogon

Annexe 14 : Description des techniques culturelles ; les opérations avant le semis.

1 - L'aménagement des parcelles

Ces opérations se déroulent en saison sèche, le plus souvent entre février et juin pour la confection des aménagements (cordons pierreux, diguettes en terre ou en branches...). Le temps disponible pour ces travaux n'est donc pas a priori limité. Les opérations d'aménagement ont pris une place importante dans les exploitations suivies du fait d'un programme de sensibilisation sur le thème de la lutte contre l'érosion menée par le projet depuis 1984 et d'un appui matériel (prêt de charrette, de brouette, de pioche...) apporté aux exploitations intéressées. (Tableau A). Environ 1/3 des surfaces sont aménagées ; les 2/3 restant ne sont pas toujours redevables de ce type de travaux. Il faut exclure entre autres toutes les surfaces en bas-fond (10 à 15 % de la surface totale) où le problème de lutte contre l'érosion ne se pose pas dans les mêmes termes.

Les aménagements effectués dans le cadre des opérations de développement FDR (1976-1987) et GERES (1961-1963) tiennent peu de place, généralement il ont disparu du fait d'un mauvais entretien. L'intérêt majeur porté par les paysans pour les cordons pierreux vient de leur efficacité (BEDU, 1986). La majorité des parcelles ne sont pas totalement aménagées, ces travaux sont pénibles (transport de cailloux en charrette mais aussi en brouette, en vélo et même sur la tête) et s'étalent pour une même parcelle sur plusieurs années. Ceci explique d'autre part qu'elles sont situées à proximité (moins de 1 km) des "gisements" de pierres.

L'écart entre la surface aménagée par les exploitations suivies (et partenaires du projet R-D) (33 % de leur surface cultivée) et la surface totale aménagée au niveau des finages des trois villages (de 5 à 10 % de la surface cultivée) met en évidence le rôle d'une structure d'appui.

2 - Le nettoyage des parcelles

Il consiste à couper les repousses d'arbustes (principalement de *Piliostigma reticula* et *Guiera senegalensis*) et dans certains cas à ramasser les résidus de la dernière récolte pour les épandre sur des zones dégradées qui "sèchent vite" (anciennes termitières, bordures de parcelle sujettes au décapage...). Les brûlis de résidus sont très rares

A Ziga et Sabouna en 1986, 78 % des parcelles de céréales sont semées sans nettoyage préalable, le sol en fin de saison sèche est donc totalement nu. Les parcelles nettoyées sont principalement situées en bas-fond. A Boukéré, pour une répartition équivalente des parcelles dans le paysage, les nettoyages sont encore fréquents (79 % des parcelles sont concernées) et touchent à la fois les zones de bas-fond et de glacis. Les parcelles sont exploitées depuis moins de temps que dans les autres villages et des périodes de jachère même de courte durée ont été encore courantes ces 20 dernières années.

TABLEAU A : Importance des aménagements antiérosifs dans les exploitations suivies (1987)

Type d'aménagement (Nombre total de parcelles)	en % de parcelles		concernées à	
	SABOUNA (90)	BOUKERE (49)	ZIGA (67)	TOTAL (206)
. Cordons pierreux en courbe de niveau	32 %	38 %	46 %	38 %
. Cordons pierreux traditionnels	8 %	8 %	3 %	7 %
. Diguette en terre projet R-D	4 %	0	2 %	2 %
. Diguette FDR + GERES	5 %	0	5 %	4 %
Total	49 %	46 %	56 %	51 %
% de la surface totale aménagée par rapport à la surface cultivée par les exploitations suivies				
. Tous types d'aménagement	26 %	32 %	50 %	33 %
Total de la surface cultivée en ha	109 ha	76 ha	50 ha	248

Tableau B : Importance et type de travail du sol en 1986

Nombre de parcelles suivies	SABOUNA (99)	ZIGA (90)	BOUKERE (61)
<u>En % des parcelles qui ont été travaillées avant semis (en totalité ou partiellement)</u>			
- labour à plat (charrue)	18	2	0
- scarifiage (houe-manga)	4	44	7
- travail manuel (daba)	7	5	2
- travail du sol en sec ("zay")	0	0	1
% des parcelles non travaillées, semées directement	71	49	90
% de la surface travaillée par rapport à la surface cultivée	12 %	54 %	4 %
Surface totale cultivée par l'échantillon suivi en ha	102	71	88
% d'exploitations de l'échantillon équipées (matériel + animaux)	42 %	74 %	42 %

Annexe 14 b

3 - Le paillage

Le paillage systématique de toute la surface de la parcelle est une pratique très peu fréquente (quelques parcelles à Ziga en 1983 et 1987). Ce ne sont pas les résidus de récolte qui sont utilisés dans ce cas mais des graminées coupées sur les jachères et les pâturages en fin de saison sèche. Le paillage, constitué d'une couche uniforme d'herbe, est réalisé avant les pluies. Il ne gêne pas ensuite les travaux de semis ou de sarclage (manuel ou mécanique). Sa réalisation demande une charrette pour le transport du paillis mais surtout des ressources herbacées qui sont rarement disponibles à une période où les animaux disposent d'un faible stock fourrager.

4 - Le travail du sol

Le travail du sol est réalisé dans la quasi totalité des cas après une pluie lorsque le sol est humide avec une charrue (comme à Sabouna) une houe-manga (Ziga, Boukéré) ou manuellement à la daba pour de petites surfaces d'arachide. Les terrains travaillés se situent exclusivement hors des bas-fonds ou des talwegs (Tableau B).

Le travail du sol en sec (manuel) n'a été observé qu'une dizaine de fois de 1985 à 1987 et toujours à Boukéré. Il s'agit de la technique du "zay" (IIe partie). Les surfaces concernées sont toujours inférieures à 0,1 ha / exploitation et par an.

Le travail du sol mécanisé (labour, scarifiage) intéresse à Boukéré et à Sabouna moins de 15 % de la surface cultivée par notre échantillon. A Ziga le scarifiage est une pratique bien maîtrisée, 50 % de la surface cultivée par notre échantillon a été scarifié en 1986 (39 % en 1985, 31 % en 1987) principalement pour des parcelles de céréales (environ 40 % céréales, 10 % cultures secondaires). La surface moyenne des parcelles ou des portions de parcelles travaillées est faible, en général inférieure à 0,5 ha sauf dans quelques cas à Sabouna et à Ziga. Il est donc courant de pratiquer sur la même parcelle un semis direct et un semis après travail du sol. Ceci s'explique par l'organisation du chantier de travail.

L'attelage (généralement une paire de boeufs) est conduit par trois personnes : deux jeunes pour tirer et guider les animaux et le chef d'exploitation ou son fils pour tenir l'outil. (Alors qu'une paire de boeufs bien dressée peut être dirigée aisément par deux personnes). Les femmes ne participent pas à ces travaux ou très rarement, elles s'occupent des semis qui ont lieu simultanément soit sur le terrain fraîchement travaillé, soit sur la partie de la parcelle non labourée.

Evolution de la surface travaillée avant semis de 1985 à 1987

% de la surface travaillée avant semis par rapport à la surface totale cultivée	SABOUNA	ZIGA	BOUKERE
1985	8 %	39 %	4 %
1986	12 %	54 %	4 %
1987	14 %	31 %	3 %

DATES DE SEMIS ET PLUVIOSITE EN 1987
A ZIGA

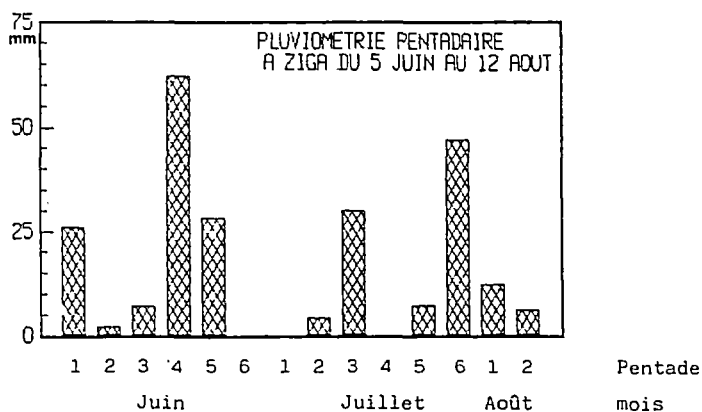
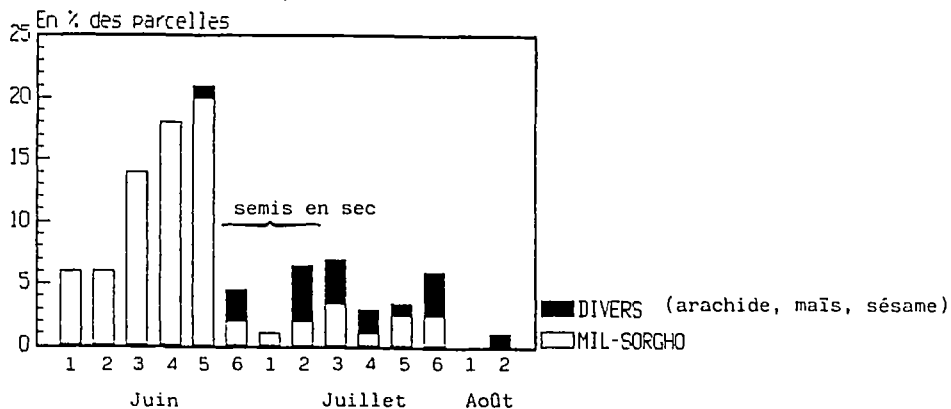


Tableau c : Importance des semis en ligne sur céréale

Type de semis (en % du nombre de parcelles de céréale)	SABOUNA	BOUKERE	ZIGA
- parcelles semées en ligne (totalement ou partiellement)	19 %	37 %	76 %
- parcelles semées traditionnellement	81 %	63 %	24 %
Surface effectivement semée en ligne (en % de la surface totale)	10 %	12 %	70 %
. Exploitations équipées d'une houe-manga (%)	18 %	35 %	73 %
. Exploitations ayant semé en ligne au moins une parcelle (%)	54 %	57 %	84 %

Tableau D : Importance des sarclages mécaniques (1987)

	SABOUNA		BOUKERE		ZIGA	
(Effectifs et % des exploitations)						
1 - Exploitations ayant sarclé mécaniquement la majorité de leurs parcelles	1	5 %	0		8	42 %
2 - Exploitations ayant sarclé mécaniquement au moins une parcelle ou une portion de parcelle	6	27 %	5	35 %	6	31 %
3 - Exploitations ayant sarclé uniquement manuellement	15	68 %	9	65 %	5	27 %
- Surface sarclée mécaniquement (2e sarclage) par rapport à la surface totale cultivée par l'échantillon		12 %		7 %		50 %
- % d'exploitation possédant une houe-sarcleuse		18 %		35 %		73 %

Tableau E : Variation du temps de sarclage manuel

a) Variation intervillage (1987)		TEMPS DE SARCLAGE EN JOURS PAR HECTARE		
		SABOUNA	BOUKERE	ZIGA
1er sarclage	Moyenne (Minimum-Maximum)	40 (20 - 73)	47 (20 - 76)	42 (21 - 75)
2e sarclage	Moyenne (Minimum-Maximum)	26 (10 - 56)	23 (8 - 54)	36 (14 - 70)
b) Variation selon les types de terrain (Sabouna + Boukéré, 1987)		JOURS PAR HECTARE		
		Moyenne	Minimum/ Maximum	Nbre de parcelles observées
1 - Terrain sableux, sabloargileux et gravillonnaire - (enherbement a priori limité - texture du sol légère)		36	12 - 70	69
2 - Terrain argilosableux (situation intermédiaire entre 1 et 3)		61	25 - 134	35
3 - Terrain de bas-fond (sol lourd, vitesse d'enherbement importante)		63	20 - 140	28

Tableau F : Effet de la mécanisation sur la durée du 2e sarclage (Ziga, 1987)

Type de sarclage	JOURS PAR HECTARE		
	Moyenne	Minimum Maximum	Nbre de parcelles observées
Sarclage manuel	46	13 - 137	33
Sarclage mécanique (ou partiellement mécanisé)	24	10 - 52	25

Annexe 14 c

5 - Le semis

5.1. - Techniques et qualité du semis

Le semis est réalisé manuellement en terrain humide après une pluie, à l'aide de dabas à fer étroit. Pour le mil et le sorgho, il s'effectue en poquet (7 à 12 graines semées par poquet) ce qui nécessite après la levée un éclaircissage ou démarrage. Les semences sont toujours traitées avec une poudre insecticide et fongicide qui s'achète dans tous les marchés de village.

La fréquence des pluies en juin et juillet influe directement sur l'importance des resemis. Dans ces conditions il semblerait plus logique de semer en sec comme cela se pratique dans certaines régions d'Afrique sahélienne. Les paysans objectent que les semis en sec sont pénibles à réaliser et que les petites pluies ("parasites") de quelques millimètres (de 2 à 5 mm) entraîneraient une germination des graines qui seraient détruites ensuite. Malgré ces arguments certains paysans préfèrent semer en sec lorsque les pluies se font attendre (Ziga en juillet 1987) (figure page précédente). Outre la fréquence des pluies, l'intensité du parasitisme au stade levée influe sur l'importance des resemis (vers, sauteriaux).

5.2. - Variétés et associations de culture

L'association niébé-céréale (mil et sorgho) concerne 75 % des parcelles de céréales quels que soient les villages ou le degré de mécanisation des exploitations. Le niébé est semé dans le même poquet que le mil à une faible densité (de 2 000 à 5 000 pieds/ha contre 50 000 pieds/ha de mil) ; il n'y a donc pas concurrence entre les deux cultures. La récolte de niébé vient en surplus de la récolte de céréale. Elle est très variable (de 0 à 75 kg/ha selon les conditions pluviométriques et édaphiques. (Le niébé se développe très mal dans les sols compactés, craint les excès d'eau, et les vents de sables jusqu'au stade trois feuilles).

5.3. - Semis et sarclage mécanique

Le semis manuel est une opération rapide. On compte qu'une famille de 5 actifs peut semer entre 0,5 et 1 hectare par jour. Et du fait de la rareté des pluies en début de saison, les paysans essaient d'aller le plus vite possible. Ceci explique entre autre le peu d'intérêt porté au semis en ligne, technique qui accroît le temps de travail ; sauf dans les exploitations où le sarclage est mécanisé, dans ce cas le semis en ligne est un préalable obligatoire.

A Ziga le semis en ligne est aussi pratiqué par des exploitants sarclant manuellement (Tableau C). Ces paysans estiment que le semis en ligne facilite le sarclage manuel et permet de mieux contrôler la densité au semis. A Sabouna et Boukéré les paysans, le plus souvent équipés de rayonneur par le projet de R-D, sont actuellement au stade du test de cette technique.

Annexe 14d.

6- L'entretien des cultures

6.1. - Les sarclages manuels

En langue Moore on distingue deux types de sarclages. Le 1er sarclage "Warga" a pour objectif d'ameublir la couche superficielle du sol et d'éliminer les mauvaises herbes qui viennent de lever. Le 1er sarclage est effectué même si les adventices n'ont pas encore levé (terrain dégradé par exemple), l'effet escompté est d'aérer le sol, de faciliter la pénétration de l'eau. Pour les paysans ces effets permettent à la plante de se développer sinon elle végète. Le 2e sarclage "Banka" intervient, courant août, sur terrain humide et enherbé.

Il s'agit de retourner la couche de terre superficielle à la daba afin d'enfouir les mauvaises herbes. Si elles sont trop grandes (en bas-fond le plus souvent) les paysans préfèrent les arracher avec les mains. Les intervalles entre le semis et le 1er sarclage et entre le 1er et le 2e sarclage est tardif, il est difficile en bas-fond de contrôler l'enherbement ultérieur, la plante a du mal à se développer et à dépasser les adventices. En terrain de glacis l'enherbement est limité en début de saison, mais la culture a besoin d'être démarrée pour résister au stress hydrique.

6.2. - L'importance du sarclage mécanique

La mécanisation a principalement touché le 2e sarclage (parfois le 1er s'il est tardif) et les terrains hors bas-fond. Les paysans préfèrent opérer manuellement au 1er sarclage. "Les plantes sont petites, la houe manga peut les enterrer, les boeufs les piétiner...". Au 2e sarclage la houe manga est tirée par deux boeufs (rarement un seul boeuf ou un âne) rassemblés par un joug de labour (de petite largeur) ainsi les animaux marchent dans deux interlignes contigus, l'outil ne travaille donc pas dans l'axe de l'attelage d'où des dégâts aux cultures. L'introduction du joug de sarclage (1984-1985) (plus long) a permis d'améliorer la qualité du travail. Lorsque la culture est au stade montaison les paysans sont réticents à faire passer les animaux dans le champ (ce qui n'a pour effet que de plier temporairement les tiges de mil) et sont obligés de finir les sarclages manuellement. Comme pour le travail du sol, l'attelage est conduit par trois personnes, le reste de la famille achève manuellement le sarclage sur la ligne de semis.

Si l'on exclue les parcelles de démonstration réalisées par les techniciens du projet de R-D, la surface sarclée mécaniquement en 1987 à Sabouna et Boukéré est très réduite (12 % et 7 % de la surface totale cultivée par l'échantillon enquêté) mais le nombre d'exploitants qui mettent en oeuvre cette technique ne cesse de croître chaque année (aucun avant 1985 pour ces deux villages) (Tableau D). A Ziga le sarclage mécanique est pratiqué par les 3/4 des exploitations enquêtées (en fait ceux qui possèdent le matériel nécessaire). La surface sarclée mécaniquement est équivalente à la surface scarifiée avant semis (de 35 à 50 % de la surface cultivée selon les années) ; elle se répartit de la façon suivante :

- 52 % pour le 2e sarclage uniquement
- 16 % pour le 1er sarclage uniquement (sarclage tardif)
- 32 % pour le 1er sarclage et le 2e sarclage.

Annexe 14 e.

6.3. - Temps de travail consacré aux sarclages

A partir du suivi journalier des activités agricoles des exploitations (du nombre de jours nécessaires au 1er et au 2e sarclage, nombre d'actifs présents) et de la surface cultivée, nous avons pu calculer le nombre de jours de sarclage par hectare pour chaque parcelle. Il ne s'agit donc pas de temps de travaux chronométrés et ces chiffres ne permettent que de faire des comparaisons.

La variabilité de la durée des sarclages est très élevée (Tableau E) mais équivalente pour les trois villages. Le temps consacré au 1er sarclage est deux fois plus important que celui du 2e sarclage à Sabouna et Boukéré. Ceci s'explique à deux niveaux :

- au 1er sarclage est associé le démarriage, opération qu'il faut mener avec soin ;

- le 2e sarclage est une opération de destruction des adventices sans retournement du sol, le paysan doit travailler rapidement s'il ne veut pas voir les adventices envahir ses parcelles.

Par contre à Ziga le temps consacré au 2e sarclage manuel est plus élevé qu'ailleurs. La surface cultivée par actif étant plus faible dans ce village, les paysans disposent de plus de temps et ont peut être tendance à mieux soigner le 2e sarclage.

Le type de terrain est une source de variabilité du temps consacré au sarclage (tableau E). Dans les sols à dominante sableuse ou gravillonnaire (sol léger et enherbement limité) le 1er sarclage demande près de deux fois moins de temps que pour les autres types de terrains plus argileux (sol plus lourd, vitesse de salissement par les adventices plus rapide). En bas-fond les paysans préfèrent sarcler rapidement après la levée des cultures afin de limiter l'enherbement.

La mécanisation partielle ou totale permet de réduire de moitié le temps consacré au 2e sarclage à Ziga (tableau F). D'autres travaux (RICHARD, 1976 - enquêtes en milieu paysan sénégalais) (DUGUE, 1983 - temps de travaux en expérimentation) ont montré que le sarclage mécanique peut être trois fois plus rapide que le sarclage manuel. Il est probable que des progrès en matière d'alimentation, de soin et de dressage des animaux de trait permettraient de réduire le temps du sarclage mécanisé dans les exploitations de Ziga.

7- Fertilisation minérale

L'engrais le plus couramment utilisé est l'engrais ternaire NPK acheté sur les marchés ou par le biais de l'encadreur ou du projet R-D. L'engrais est appliqué au 1er sarclage au pied des poquets ; ainsi les paysans attendent que la saison des pluies soit installée (courant juillet) et les cultures bien levées pour juger de l'intérêt d'apporter ou non l'engrais et à quelle dose. Il n'est jamais épandu à la volée au semis, ou enfoui par un travail du sol comme cela est pratiqué en station expérimentale. L'engrais est généralement épandu sur la totalité de la surface du champ principalement sur les cultures de mil, parfois de sorgho sur terrains non inondables.

Annexe 14 f.

Les paysans suivis de Sabouna utilisent peu d'engrais en 1987 (Tableau G) ; sur 13 % de la surface en mil-sorgho et à faible dose (18 kg/ha) ; en 1986 deux parcelles sur 83 ont été fertilisées. Cette faible utilisation de l'engrais s'explique plus par les réticences des paysans vis-à-vis de cette technique que par la faiblesse de leur capacité d'investissement (surtout après les rentrées monétaires de l'orpaillage en début 1987). Selon eux l'engrais augmente les risques de destruction des plantes en période de stress hydrique marqué, et d'échaudage à la maturation. Cette argumentation faisait l'unanimité après les deux années très sèches 1984 et 1985, il est probable que la consommation d'engrais augmentera après les trois années favorables que ce village a connu (1986-87-88).

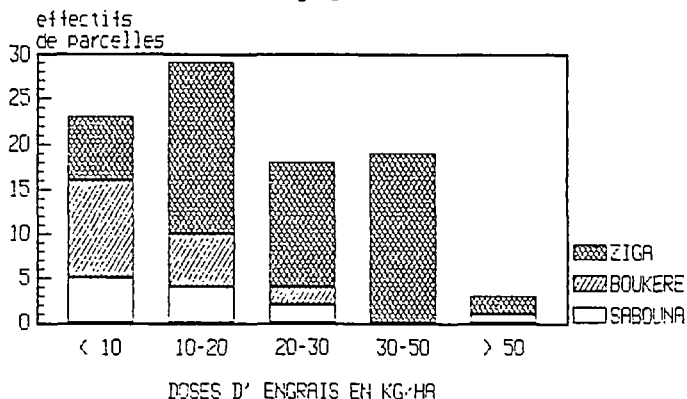
A Boukéré, les surfaces fertilisées sont plus importantes mais les doses utilisées sont très faibles (inférieur à 8 kg/ha de 1985 à 1987). Il s'agit soit d'apports de très petites quantités au poquet soit d'un mélange d'engrais aux semences.

A Ziga la fertilisation minérale est une pratique courante des exploitants que l'on a enquêtés. 70 % des surfaces en céréales sont concernées en 1987, à une dose moyenne de 25 kg/ha.

Tableau G

Fumure minérale en 1987	SABOUNA	BOUKERE	ZIGA
% des parcelles de mil et de sorgho recevant de l'engrais	14,5 %	34 %	74 %
% de la surface cultivée en mil et sorgho recevant de l'engrais	13 %	23 %	70 %
Dose apportée en kg/ha Moyenne Minimum-Maximum	18 5-80	8 3-25	25 5-90

HISTOGRAMME DES DOSES D'ENGRAIS
UTILISEES EN 1987 SUR CEREALES
(en kg/ha)



Annexe 14 g.

8- Fertilisation organique

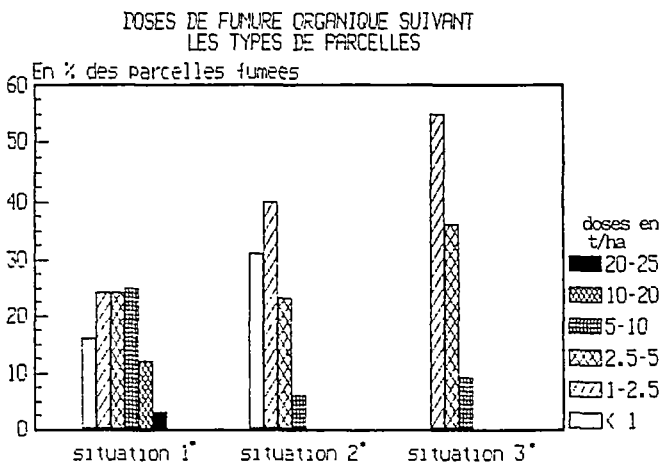
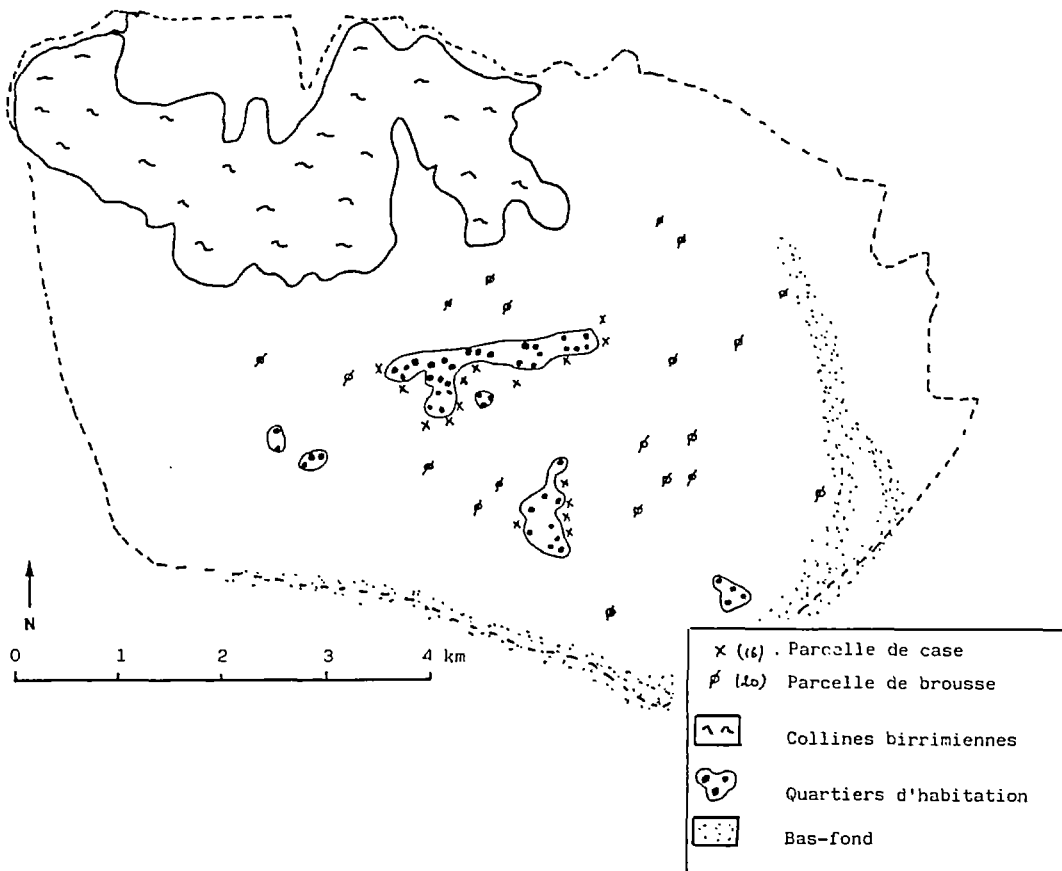
La fumure organique (poudrette) est apportée au 1er sarclage au pied du poquet et concerne les parcelles de case et de brousse (Tableau H). Cette dispersion est assez récente et correspond d'une part à l'abandon de la pratique de la jachère sur les parcelles de brousse, d'autre part à l'utilisation de la fumure organique sur les parcelles aménagées (Tableau I). (Figure page suivante)

H - Importance de la fumure organique sur céréale	SABOUNA	BOUKERE	ZIGA
% de la surface cultivée (mil, sorgho) recevant de la fumure organique	18 %	19 %	30 %
Dose en t / ha Moyenne Minimum-Maximum	3,7 0,5-17	1,1 0,5-3,8	4,1 0,5-14

Tableau I : Fumure organique et types de parcelle

Types des parcelles	SABOUNA	BOUKERE	ZIGA	total 3 villages
(1) . Parcelle de case de mil ou mil-sorgho (terrain gravillonnaire ou sableux ou sablogravillonnaire) - effectifs parcelle - % - dose moyenne en t / ha	17 (46 %) 6,8	14 (63 %) 1,3	14 (37 %) 6,7	45 (46 %) 5,2
. Parcelle de brousse ou de village (située à plus de 0,5 km de l'habitation). (2) . Mil sur terrains gravillonnaires ou sabloargileux - effectifs parcelle - % - dose moyenne en t / ha	20 (54 %) 2,6	8 (37 %) 1	13 (34 %) 2,3	41 (42 %) 2,1
(3) . Sorgho ou sorgho-mil sur terrain sabloargileux - effectifs parcelle - % - dose moyenne t / ha	0 - -	0 - -	11 (29 %) 3,0	11 (12 %) 3

Dispersion des parcelles recevant la fumure organique sur le territoire de Sabouna
(36 parcelles suivies)



• (Situation du tableau I)

**Annexe 15 : Les calendriers culturels selon les types d'exploitations.
Etude de 5 cas.**

Les calendriers culturels sont présentés sous forme de schéma décrivant les activités de la main-d'oeuvre familiale de l'exploitation du 1er juin jusqu'au dernier jour du 2e sarclage. (Les jours de récolte ne sont pas représentés). Deux saisons agricoles ont été étudiées 1985 et 1987.

1 - Les trois exploitations en culture manuelle

Ces trois exploitations correspondent à trois niveaux de productivité du travail :

- l'exploitation de Ziga (BOUREIMA) qui dispose d'une faible surface cultivable (3,1 ha) par rapport à sa capacité de travail (4,5 actifs), soit 0,7 ha/actif ;

- l'exploitation de Boukéré (KARIM) qui n'est pas limitée du point de vue du foncier, cultive environ 8 hectares soit 1,6 ha/actif (en 1985 comme en 87) ;

- la situation intermédiaire est représentée par une exploitation de Sabouna (OUSMAN) de 5 actifs cultivant 5,9 ha en 1987 (1,2 ha/actif) et 6,7 hectares en 1985 (1,3 ha/actif).

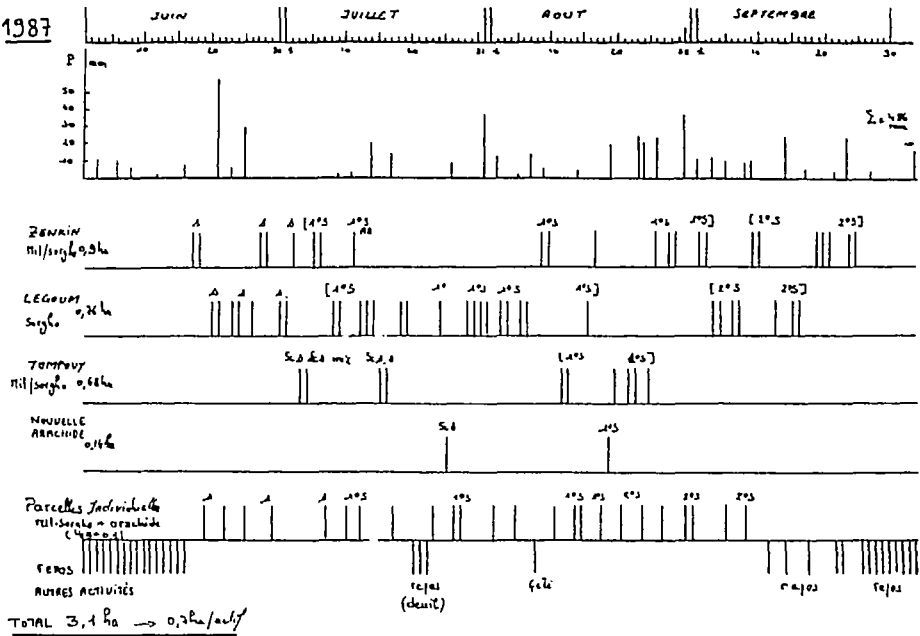
Lorsque le foncier n'est pas limitant (cas de KARIM), le paysan sème parfois plus de surface qu'il ne pourra sarcler. Ceci a été favorisé en 1985 par des pluies précoces début juin à Boukéré. 8,1 hectares de céréales ont été semés mais 6,6 ha seront récoltés. Le paysan a préféré abandonner avant le 2e sarclage une grande partie d'une parcelle en bordure de bas-fond qui était partiellement inondée et très enherbée. Ceci lui a permis de mener à bien le 2e sarclage sur les autres parcelles principalement sur deux parcelles en bord de bas-fond jugées prioritaires (rendements 621 kg/ha, 962 kg/ha). Il faut toutefois noter que cette décision n'a été prise qu'après le 1er sarclage qui a mobilisé 10 jours de travail, KARIM ne pouvait-il mieux gérer son temps de travail ? Outre les trois parcelles situées en bordure de bas-fond l'exploitation comportait en 1985, une parcelle sur terrain sablogravillonnaire peu profond. Bien qu'aménagée, cette parcelle a donné une faible production (114 kg/ha, soit 180 kg pour 1,6 ha). Le paysan voyant fin juillet que sur ce type de sol le mil avait peu de chance de donner une bonne récolte (il n'avait plu que 195 mm à cette période) a consacré le minimum de temps possible à cette parcelle (17 à 10 jours/ha pour les sarclages seulement). En 1987 l'ajustement entre temps de travail disponible et surface cultivée a été meilleur. KARIM n'a cultivé que sur des bons terrains, laissant les terrains peu profonds (parcelle "diguette 85" à la disposition de ses femmes). Il a limité la surface cultivée en bordure de bas-fond au profit d'une parcelle de case (case "vieux") très riche en matière organique qu'il a hérité de son père décédé en 1986. L'emploi de quatre manoeuvres temporaires pendant cinq jours au 2e sarclage lui a permis de rattraper le retard qu'il avait accumulé durant le 1er sarclage.

Annexe 15 b :

Lorsque le foncier cultivé est très limité (cas de BOUREIMA à Ziga) l'agriculteur dispose de plus de temps pour semer et surtout entretenir ses parcelles. Ne possédant que trois parcelles et pas de réserve foncière sa marge de manoeuvre est limitée (pas de choix possible des terrains). De plus la qualité médiocre de ses terrains limite la productivité de ses cultures (166 kg/ha, 344 kg/ha et 426 kg/ha en zone basse en 1987). Cet agriculteur ne possédant pas de matériel et peu d'animaux (une dizaine de petits ruminants) a peu de possibilités d'intensifier ses cultures bien qu'il dispose du temps nécessaire pour cela. La parcelle la plus productive est située en bas-fond où les risques d'inondation sont fréquents. La seule possibilité qui lui reste est de laisser ses femmes travailler sur leurs parcelles individuelles durant 1 à 3 jours (toute la journée) par semaine. Ses femmes peuvent trouver dans leurs familles respectives des petits lopins de terres disponibles et de meilleure qualité (22 % de production céréalière de cette exploitation provient de ces parcelles).

A Sabouna, chez OUSMAN, la situation est intermédiaire (1,2ha cultivés par actif ; pas de terre de qualité en jachère). Cet agriculteur arrive assez bien à maîtriser son calendrier, les sarclages sont effectués régulièrement surtout en 1985 ; année très sèche (environ 300 mm) durant laquelle l'enherbement a été limité. En 1987, année pluvieuse toutes les parcelles de mil ont été sarclées deux fois, on note toutefois des écarts semis - 1er sarclage important (49 à 39 jours) sur deux parcelles, jugées non prioritaires car potentiellement peu productives (254 kg/ha à Yatenga, terrain peu fertile, fort ruissellement, parcelle non aménagée, et 262 kg/ha pour la parcelle de case, terrain sablogravillonnaire peu profond). La capacité de travail de cette exploitation est utilisée au maximum, on compte peu de jours de repos et les travaux se terminent tard dans la saison vers le 20 septembre. L'ajustement entre la capacité de travail de l'exploitation et la surface cultivée est satisfaisante, la qualité de l'entretien des cultures pourrait être améliorée soit en introduisant le sarclage mécanique sur une ou deux parcelles (location du matériel), soit en réduisant quelque peu la surface travaillée. Cette dernière hypothèse a été totalement rejetée par OUSMAN ; il ne dispose plus depuis 1986 de la parcelle de bas-fond (retirée par son propriétaire) et il est donc très tributaire de la pluviométrie. Son souhait serait de cultiver une parcelle supplémentaire, si possible en bas-fond et de poursuivre les travaux d'aménagement débutés sur trois de ses propres parcelles.

Annexe 15 c: L'exploitation de Boureima (Ziga)



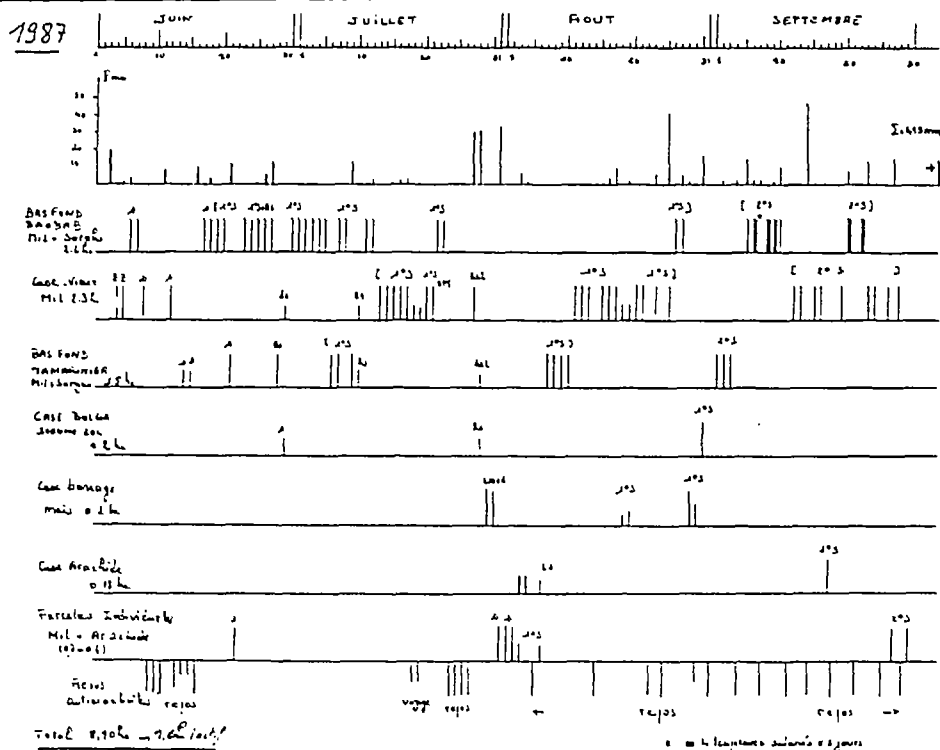
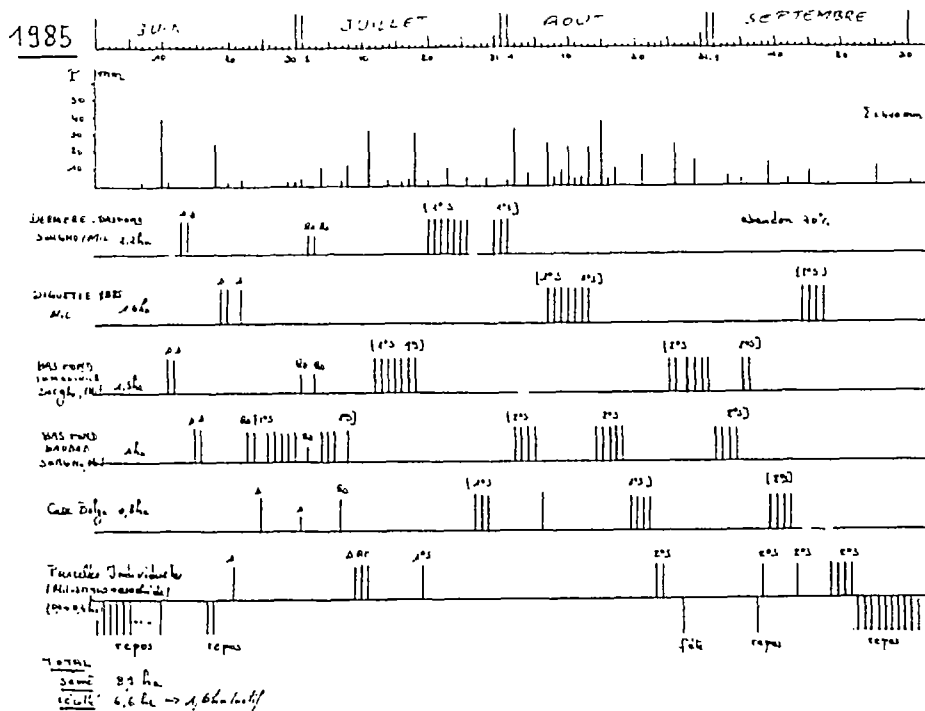
A	semis
ra	resemis
1 ^{re} S	1er sarclage
2 ^e S	2e sarclage
Sc	scarifiage
L	labour
$\Sigma 486mm$	somme des pluies
arach:	arachide
z	"zay" (travail du sol en sec)

G	grattage manuel
SM	sarclage mécanique
repos :	jours de repos

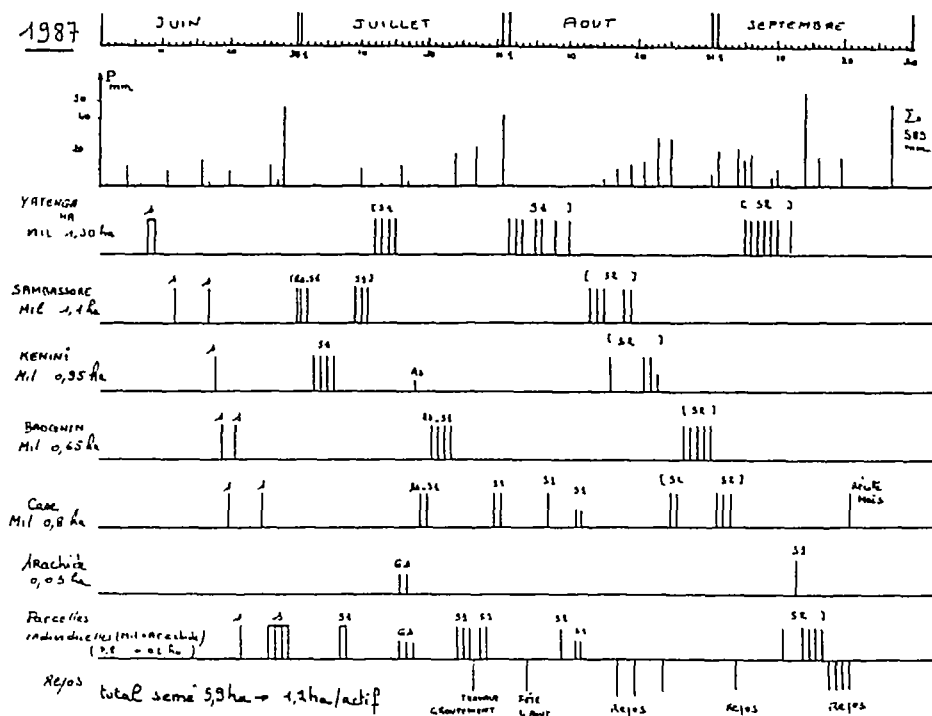
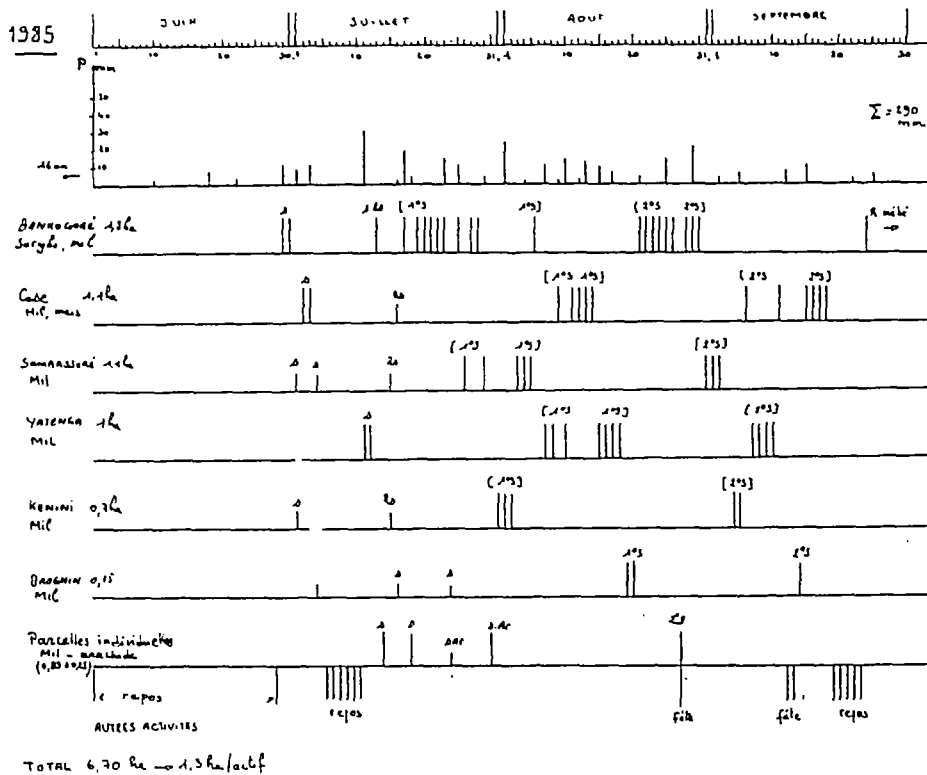
fête : jours de fête (4 août, Tabaski ...)

P_{mm} : pluviométrie journalière

Annexe 15 d : L'exploitation de Karim (Boukéré)



Annexe 15e : l'exploitation de OUSMAN (Sabouna)



Annexe 15 f:

2 - Les deux exploitations en culture attelée

Les deux exploitations retenues disposent chacune d'une paire de boeufs et utilisent des matériels aratoires différents : une charrue pour SALIF à Sabouna et une houe-manga pour KADRE à Ziga. Les autres outils qu'ils possèdent ne sont pas utilisés (un triangle sarcleur pour Salif et une charrue pour Kadré). Ces exploitations cultivent entre 0,9 et 1 ha/actif et ne disposent pas d'une importante réserve foncière.

Le travail du sol peut remplir trois rôles différents :

- Pour Salif, les parcelles semées en dernier sont toujours labourées. Les semis ont lieu le même jour que le travail du sol. Le labour permet ainsi de semer tardivement sur un terrain déjà enherbé et repousse le 1er sarclage courant août ; le 2e sarclage s'avère inutile. Au niveau de l'exploitation le gain est important, Salif économise le temps du 2e sarclage sur 2,5 hectares (30 % de la surface cultivée). Les sarclages sur les autres parcelles peuvent être effectués à temps, principalement sur la parcelle en bas-fond. Le temps ainsi libéré (principalement en septembre) n'est pas réaffecté à d'autres activités agricoles ou extra-agricoles.

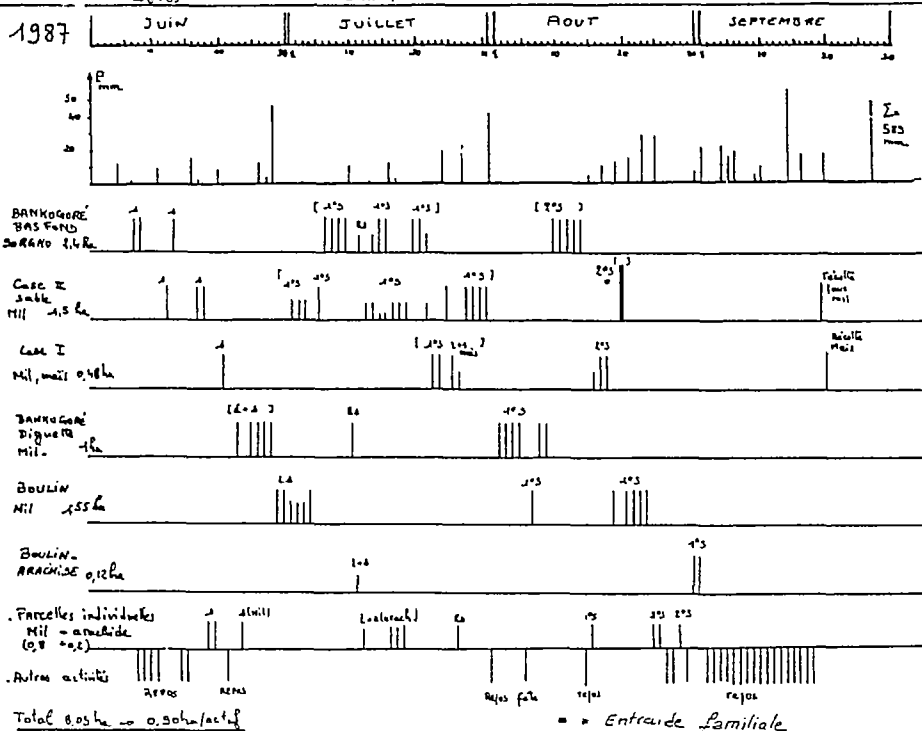
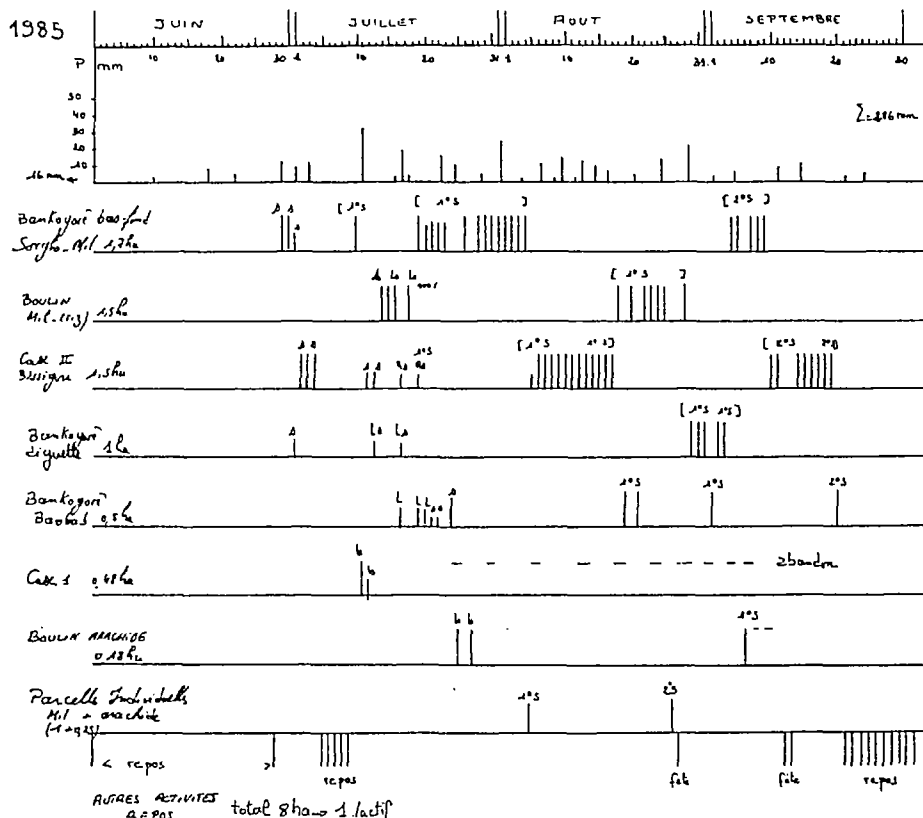
- Chez Kadré en 1985, toutes les parcelles sont scarifiées ou labourées (partiellement ou entièrement). L'exploitant disposant de huit actifs peut effectuer les travaux de préparation du sol et de semis simultanément (du 28 juin au 14 juillet). Deux sarclages sont effectués sur toutes les parcelles et sont partiellement mécanisés. Le scarifiage permet un contrôle beaucoup moins bon de l'enherbement en début de saison que le labour. Les rendements obtenus en 1985 varient de 500 kg/ha à 75 kg/ha. Ce très faible rendement a été obtenu sur une parcelle de trois hectares, au sol argilosableux compacté et très battant.

- En 1987 Kadré a préféré semer, sans travail du sol préalable, sur les premières pluies de début juin. Il commence logiquement par la parcelle de sorgho/mil de Laaba (le sorgho a un cycle un peu plus long que le mil). L'utilisation de la houe-manga intervient courant août (fin du 1er sarclage, et 2e sarclage) et plus curieusement en fin juillet pour retourner une grande partie d'une parcelle très mal levée. Cette préparation du sol améliore la vitesse de croissance de la culture semée très tardivement (26 juillet - 12 août). Le risque d'obtenir sur cette parcelle une récolte nulle était très élevé mais du fait d'une pluviométrie bien répartie en septembre (110 mm en 10 jours de pluie) il s'est avéré payant (rendement global de la parcelle 525 kg/ha).

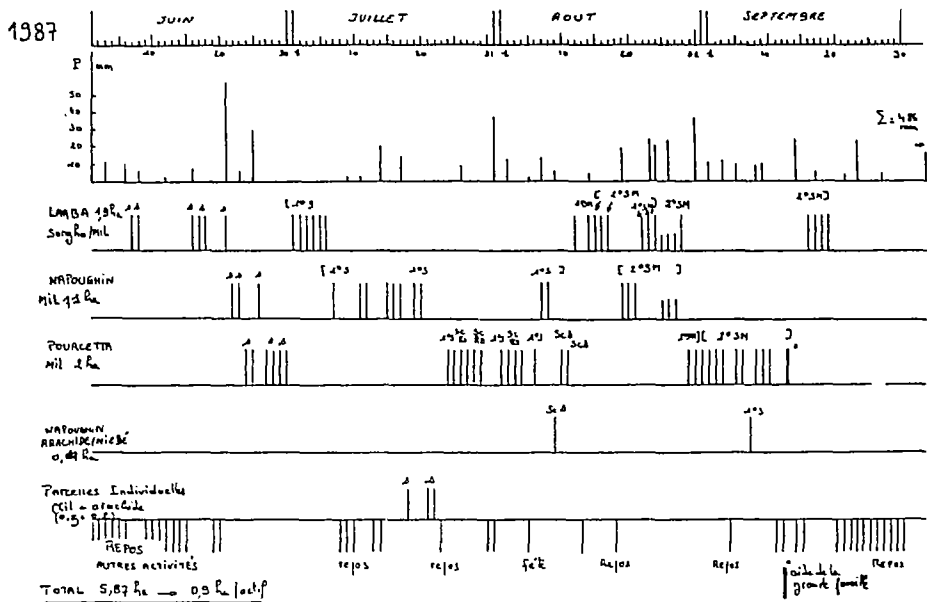
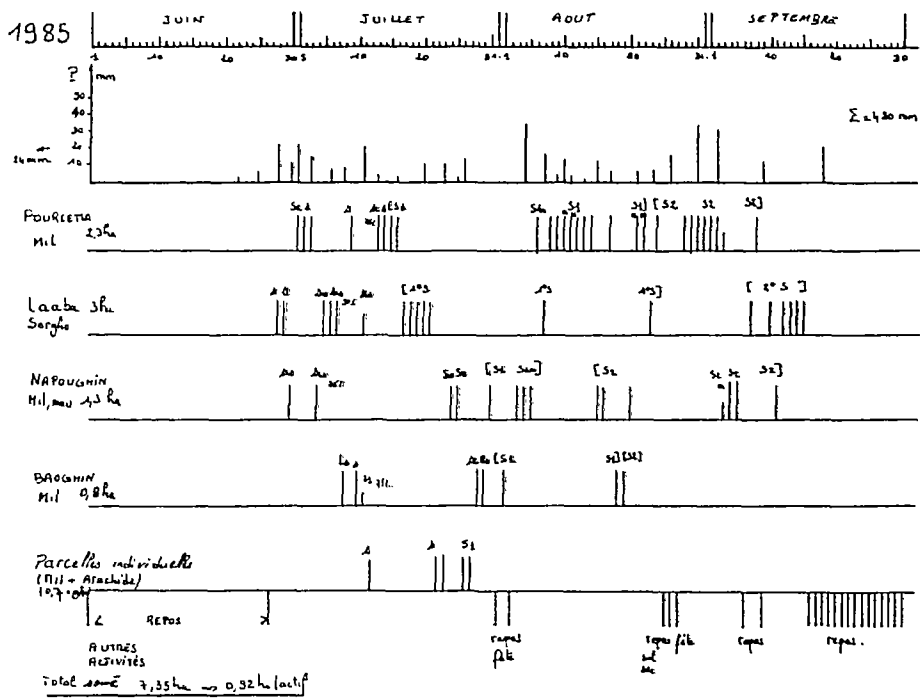
La mécanisation (travail du sol et sarclage) reste partielle au niveau de ces deux exploitations (30 % de la surface labourée chez Salif en 1987, 50 % environ sarclés mécaniquement chez Kadré). Elle entraîne un gain de temps important qui permet de réaliser les sarclages à temps mais surtout d'améliorer la qualité de vie.

La surface cultivée dans les deux cas pourrait-elle être augmentée ? Les réserves foncières des deux exploitations sont limitées et de mauvaises qualités. La mise en culture de ces parcelles en "jachère" nécessiterait de gros travaux d'aménagement. Kadré préfère poursuivre les aménagements entrepris sur les parcelles actuellement cultivées. SALIF ne souhaite pas cultiver de "mauvaises terres".

Annexe 15g: L'exploitation de SALIF (Sabouna)



Annexe 15 h : L'exploitation de Kadré (Ziga)



ANNEXE 16 : IMPORTANCE DES FUMURES MIXTES ORGANIQUES
ET MINERALES EN 1987

Type de combinaisons fumure organique - fumure minérale sur la même parcelle	Sabouna	Boukéré	Ziga	Total 3 villa- -se
Nombre de parcelles par situation et %				
1 - Parcelles recevant uniquement de la fumure organique	16 (57%)	9 (36%)	7 (12%)	
2 - Parcelles recevant uniquement de la fumure minérale	8 (29%)	11 (44%)	24 (43%)	
3 - Parcelles recevant les 2 types de fumures combinées sur l'ensemble de la surface	1 (3%)	2 (8%)	7 (12%)	10 (9%)
4 - Parcelles recevant les 2 types de fumure sur une partie de la surface (1)	3 (11%)	3 (12%)	18 (33%)	
Total parcelles fertilisées	28	25	56	109

(1) situation où la surface recevant la fumure organique est inférieure à la moitié de
la surface recevant la fumure minérale

Surface recevant une fumure minérale ou organique (en ha et %)	26 (26%)	23 (31%)	24 (46%)
Surface recevant fumures minérale et organique (en ha et %)	2,5 (2,5%)	7,5 (10%)	13 (25%)
Surface totale cultivée en mil sorgho (en ha)	99	73	52

[illegible]

<p> <u>S2NU</u> <u>FMNO</u> <u>SET</u> <u>SIPA</u> <u>SNUL</u> <u>RDZ</u> <u>SABL</u> </p>	<p> <u>are 1</u> <u>inertie 131</u> <u>WSTO</u> <u>FOFO</u> <u>ARGI</u> <u>SBON</u> <u>RDT3</u> <u>SZTA</u> <u>SEPR</u> <u>FMNO</u> <u>are 4</u> <u>inertie 167</u> </p>
<p> <u>DEGR</u> <u>WSNU</u> <u>FONU</u> <u>S1MO</u> </p>	<p> <u>FMNU</u> <u>AMNU</u> <u>SUD</u> <u>S2PR</u> <u>RDTZ</u> <u>SARG</u> <u>SZTA</u> <u>SMOY</u> <u>AMEN</u> <u>FMFO</u> </p>

Annexe 18 : Variabilité des rendements selon les types de terrain

a) Rendements en mil ou mil-sorgho (hors bas-fond) en kg/ha 1987

Types de terrain		Sabouna	Boukéré	Ziga	3 villages
Nombre de parcelles	(Np)	(73)	(50)	(38)	(161)
1 - Terrain dégradé	(Np) \bar{x} (M-m)	(7) 286 (475-136)	(8) 216 (384-93)	(4) 197 (295-120)	(19) 238 (475-93)
2 - Terrain gravillonnaire	(Np) \bar{x} (M-m)	(16) 457 (1255-175)	(6) 271 (540-91)	(5) 276 (372-144)	(27) 382 (1255-91)
3 - Terrain sableux	(Np) \bar{x} (M-m)	(21) 482 (1450-118)	(15) 550 (1615-191)	(4) 263 (300-175)	(40) 486 (1615-118)
4 - Terrain sabloargileux	(Np) \bar{x} (M-m)	(20) 426 (800-100)	(13) 398 (562-275)	(13) 537 (957-192)	(46) 450 (957-100)
5 - Terrain argilosableux	(Np) \bar{x} (M-m)	(9) 523 (1012-129)	(8) 636 (1188-189)	(12) 617 (1269-350)	(29) 593 (1269-129)

b) Rendements moyens en sorgho (bas-fond) en kg/ha 1987

Nombre de parcelles	(12)	(11)	(12)	(35)
Rendement moyen \bar{x}	779	596	545	641
(Maxi-Minimum)	(1432-216)	(1316-267)	(812-96)	(1432-96)

c) Rendements en mil ou mil-sorgho (hors bas-fond) en kg/ha 1985

Type de terrains		Sabouna	Boukéré	Ziga	3 villages
Nombre de parcelle	(Np)	(71)	(45)	(47)	(163)
1 - Terrain dégradé	(np) \bar{x} (M-m)	(6) 64 (132-0)	(2) 134 (165-104)	(3) 126 (162-101)	(11) 93 (165-0)
2 - Terrain gravillonnaire	(Np) \bar{x} (M-m)	(9) 111 (390-0)	(5) 380 (585-114)	(10) 197 (506-0)	(24) 203 (585-0)
3 - Terrain sableux	(Np) \bar{x} (M-m)	(23) 285 (648-44)	(5) 269 (502-91)	(13) 443 (1018-130)	(41) 333 (1018-44)
4 - Terrain sabloargileux	(Np) \bar{x} (M-m)	(21) 225 (691-30)	(16) 459 (878-217)	(13) 467 (2150-75)	(50) 363 (2150-30)
5 - Terrain argilosableux	(Np) \bar{x} (M-m)	(12) 514 (1064-178)	(17) 587 (1438-156)	(8) 569 (782-279)	(37) 560 (1438-156)

d) Rendements moyens en sorgho (bas-fond) en kg/ha 1985

Nombre de parcelles	11	10	9	30
rendement moyen \bar{x}	842	747	616	742
(Maxi-Minimum)	(332-1890)	(48-2900)	(1865-0)	(2900-0)

Np : nombre de parcelles
 \bar{x} : rendement moyen
(M-m) : Maximum - Minimum

**ANNEXE 19 : QUELQUES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS DES
ESSAIS DE TRAVAIL DU SOL-ECONOMIE DE L'EAU**

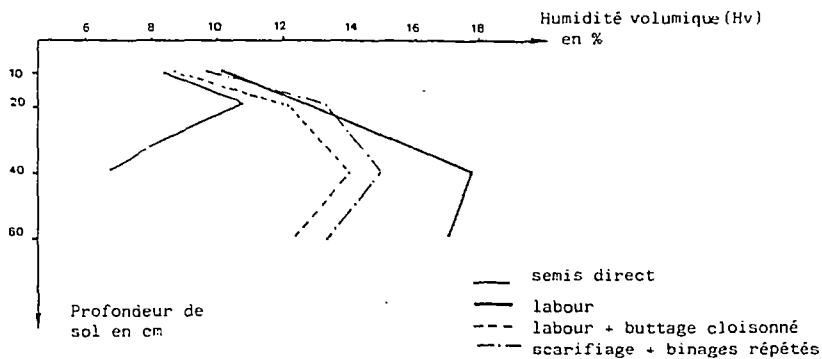
	Horizon de sol en cm	Granulométrie					pf Terre fine corrigée		D.A	R.E en mm
		Argile (%)	Limon (%)	Sables très fins (%)	Sables fins (%)	Sables grossiers (%)	2,5	4,2		
ZIGA	10-20	0,8	3,1	4,1	9,1	83,0	3,0	1,0	1,45	5,8
	20-40	1,3	3,0	3,5	7,6	84,6	3,4	1,3	1,65	12,7
	40-60	5,6	5,3	7,1	11,5	70,5	5,5	1,7	1,95	27,5
	60-80	17,0	5,8	5,0	7,6	64,6	9,5	7,3	2,14	36,9
SABOUNA (site 1)	0-10	13,5	6,1	10,6	47,1	22,7	11,0	5,4	1,50	8,4
	10-20	31,2	11,0	13,9	31,3	12,5	20,5	11,1	1,46	22,1
	20-40	31,5	9,4	11,1	33,5	14,5	21,4	12,3	1,70	53,0
	40-60	32,4	9,8	10,8	33,4	13,6	23,2	12,8	1,81	90,0
	60-80	33,2	9,9	12,3	30,9	13,6	25,3	13,3	2,49	149,8
	80-120	34,4	10,2	13,1	29,3	13,1	25,9	14,1	1,83	236,4
SABOUNA (site 2)	0-35	8,2	3	5,7	44	37	12,3	3,8	1,6	47
	35-65	6,8	2,5	3,4	34	53,5	9,2	3,7	1,8	77
	65-90	9,6	3,5	7,9	38,7	29,4	14,6	4,4	1,9	112
	90-120	11	12	20,5	40,4	15,2	24	8,8	2	158

D.A : densité apparente
R.E : réserve en eau cumulée

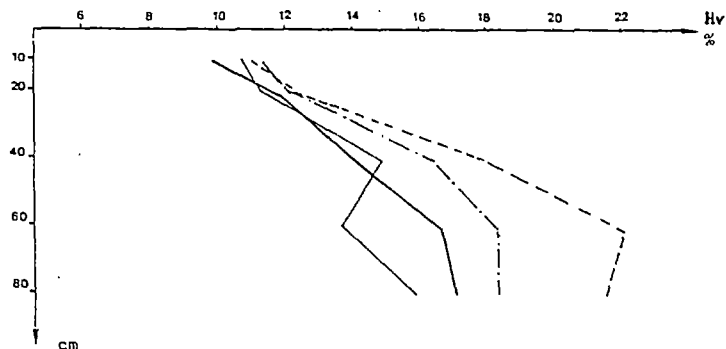
d'après NICOU et al, 1987.

Annexe 20: Profils hydriques et techniques de travail du sol

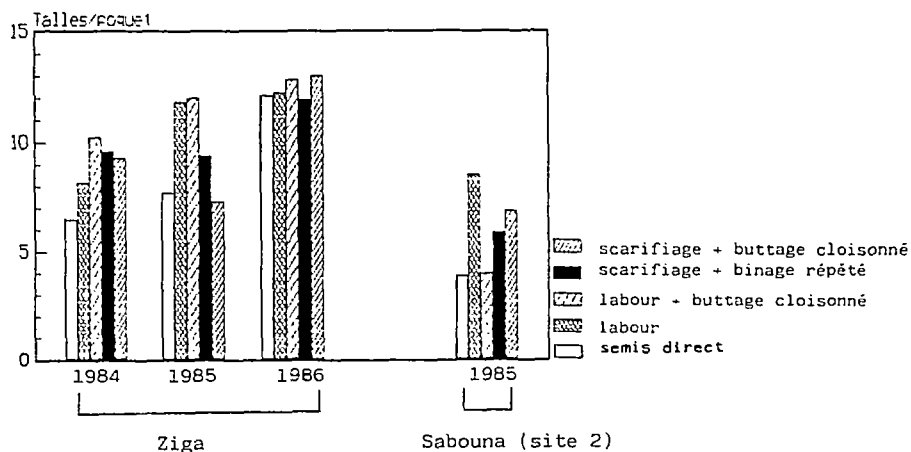
Ziga : 16/07/1985



Sabouna : 15/09/1982



Annexe 22 : Effets du travail du sol sur le tallage du mil



ANNEXE 21 : EFFET DU TRAVAIL DU SOL SUR L'ENHERBEMENT

Sabouna - 1982

Notation du recouvrement par les adventices

Note de 0 à 5, moyenne des 5 parcelles par traitement

Traitements	le 5 Août *	le 14 Sept. **	
Semis direct	1,6	0,8	0 : pas d'adventice
Labour à plat	1	1,6	5 : recouvrement
Labour en billon (0,60 m)	3,2	1,5	total du terrain
Labour en billon (0,80 m)	3	2,2	
Labour + buttage cloisonné	1	1,4	
Scarifiage + binages répétés ***	0	0,6	

* dernier sarclage le 10 juillet sauf *** binage le 26 juillet

** dernier sarclage le 26 août sauf *** binage le 6 septembre

ANNEXE 22

Ziga - 1983 et 1985

Pesée et notation de recouvrement et de développement

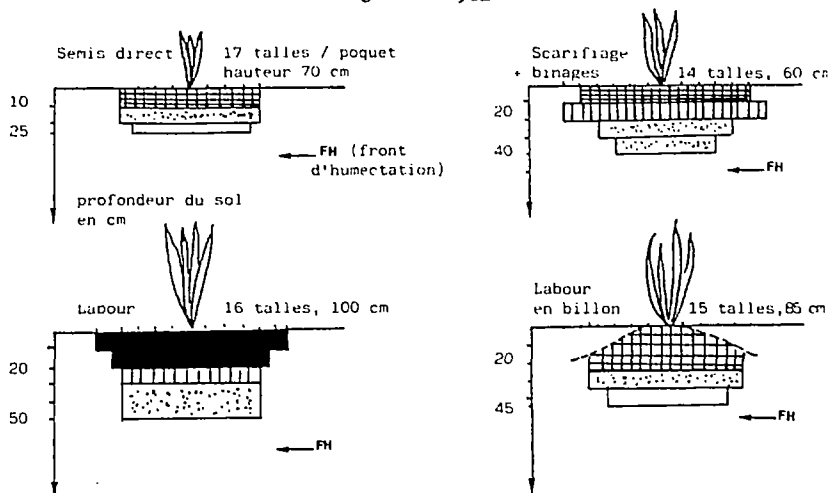
Traitements	Poids d'herbe (mS) - 1983 en gr/m ²		Notation 1983	Notation 1985
	Avant le 2ème sarclage et buttage 5/08	Avant le 3ème sarclage 15/09	le 5/08 avant 2ème sarclage	le 24/07 avant 1er sarclage
Semis direct	6,6	7,9	2 III	2 I
Labour à plat	2,5	1,5	1 II	0
Labour à plat + buttage cloisonné	1,7	- 0	1 I	0
Scarifiage + binages répétés	0	- 0	0	1 I
Scarifiage + buttage cloisonné	5	- 0	1 II	3 II

Recouvrement : note de 0 à 5

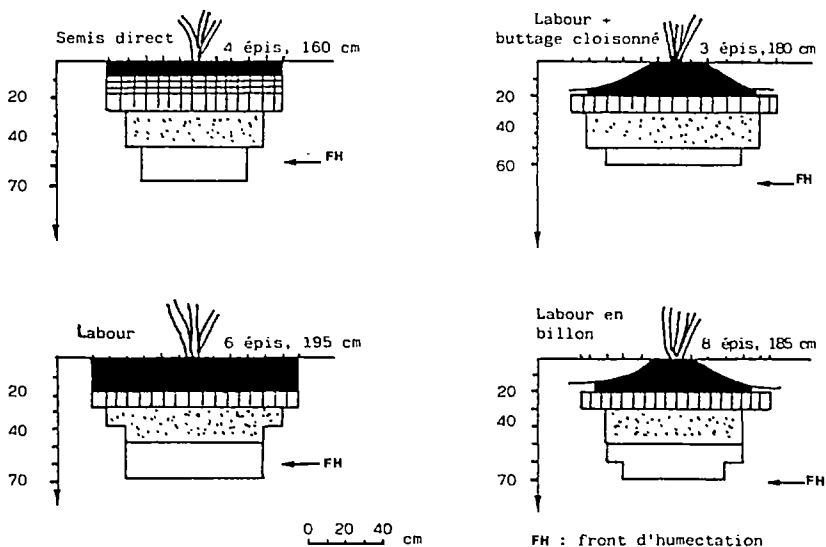
Développement : note de I (plantule) à IV (épiaison)

ANNEXE 23 : Schémas des profils racinaires du mil réalisés
sur l'essai travail du sol - économie de l'eau

Sabouna le 13 Aout 1982



Sabouna le 10 Septembre 1982



Nbre. de racines coupant une
ligne transversale

< 10

10-30

30-50

50-70

> 70

**ANNEXE 24 : Résultats de l'essai-travail du sol-économie de
l'eau de Sabouna,
(Rendement en grain Kg/ha)**

Traitement	Site n° 1			1985 arrière-effet sorgho	Site n° 2 1985 mil
	1982 mil	1983 mil	1984 sorgho		
Semis direct	959	166 a	0	344 b	291
Labour à plat	1 428	741 bc	0	1 385 c	333
Labour en billon (écartement 0.60 m)	1 402	*	*	*	*
Labour en billon (écartement 0.80 m)	1 447	*	*	*	*
Labour à plat + butage cloisonné un mois après levée	1 296	864 c	0	1 290 c	399
Scarifiage en humide + billonnage après chaque grosse pluie	1 178	597 bc	0	1 270 a	351
Scarifiage en humide + butage cloisonné 1 mois après levée	*	912 c	0	1 1423 a	363
Billonnage cloisonné avant semis	*	631 bc	0	1 929 a	256
Analyse de variance	NS	HS	-	S	NS

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes (au seuil de 5 %).

* Traitements absents.

Date réalisation des travaux	Site n° 1				Site n° 2 1985 mil
	1982 mil	1983 mil	1984 sorgho	1985 arrière-effet sorgho	
Préparation du sol (labour, billonnage, scarifiage)	23/06	11/06 + 20/06	13/07	néant	1 et 4/07
Semis	25/06	20/06	31/07	1/07	13/07
Ressemis	6/07	2/07	10/08	24/07	néant
Nombre de binages	5	6	3	néant	4
Total pluviométrique semis-récolte en mm	288	337	126	222	210

**ANNEXE 25 : Résultats de l'essai-travail du sol.
économie de l'eau de Ziga
(Rendement en grain en Kg/ha)**

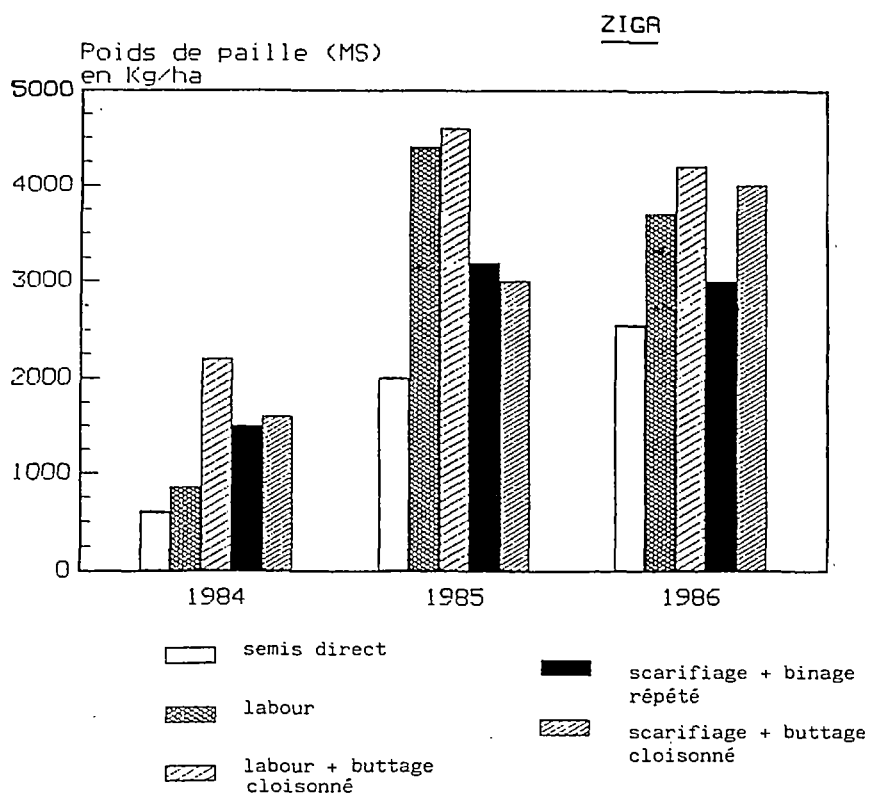
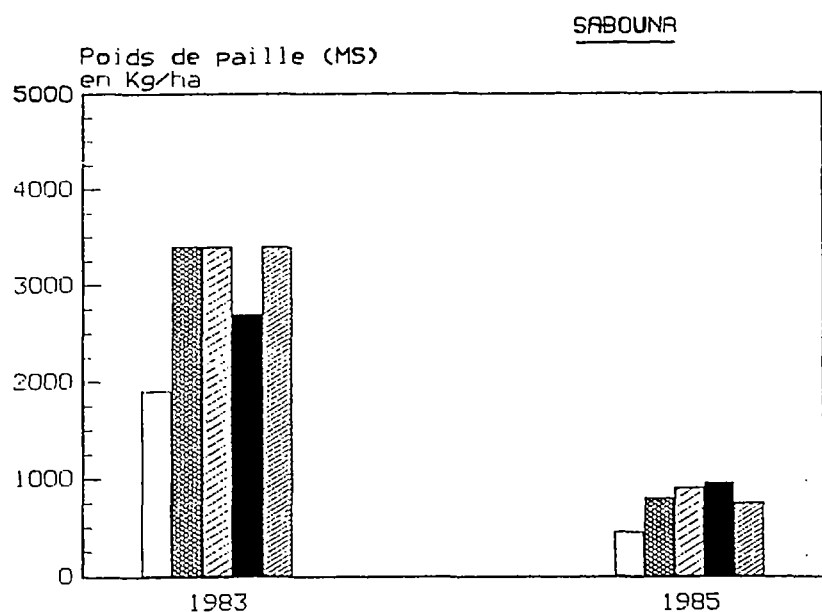
Traitement	1983 sorgho	1984 mil	1985 mil	1986 mil
Semis direct	154 a	69 a	826 a	956 a
Labour à plat	240 ab	140 a	1 107 b	1 321 b
Labour en billon (écartement 0.80 m)	124 a	258 b	.	.
Labour à plat + buttage cloisonné un mois après levée	279 ab	456 c	1 618 c	1 566 b
Scarifiage en humide + buttage après chaque grosse pluie	439 b	346 bc	1 162 b	1 300 b
Scarifiage en humide + buttage cloisonné 1 mois après levé	253 ab	348 bc	1 133 b	1 562 b
Billonnage cloisonné avant semis	.	.	1 206 b	1 295 b
Analyse de variance	S	HS	HS	HS

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes (au seuil de 5 %).

* Traitement absent.

Dates de réalisation des travaux	1983	1984	1985	1986
Préparation du sol (labour, billonnage, scarifiage)	20/06	27/06	29/06	21/06
Semis	24/06	29/06	05/07	07/07
Ressemis	17/07	12/07	16/07	21/07
Nombre de binages	3	3	4	3
Total pluviométrique semis-récolte (mm)	330	277	330	371

Annexe 26 : Effet du travail du sol sur la production de paille de mil



ANNEXE 26 bis: TEST BUTTAGE CLOISONNE, CULTURE MANUELLE
RESULTATS A LA RECOLTE

Sabouna - Culture de mil - 1985

Traitements	Poids de grain kg/ha	PQ récoltés /m ²	Epis pleins /m ²	Epis vides /m ²	Poids de grain par épi en g	Rendement Maxi Mini
Sarclage à plat	169 a	1,29 a	2,2 a	0,9	7,6	478 10
Sarclage en buttes cloisonnées	301 b (+78%)	1,53 b	3,3 b	0,9	9,1	939 10
31 répétitions CV F	50% HS	15% HS	45% HS	NS		

Dates de semis : du 30 juin au 13 juillet
Date du 1er sarclage : 21 juillet au 23 août

Ziga - Culture de mil - 1985

Traitements	Poids de grain kg/ha	PQ récoltés /m ²	Epis pleins /m ²	Epis vides /m ²	Poids de grain par épi en g	Rendement Maxi Mini
Sarclage à plat	565 a	2,3	5,9	0,6	9,5 a	1039 72
Sarclage en billon cloisonné	736 b (+35%)	2,3	6,1	0,4	12,0 b	1064 44
10 répétitions CV F	19% HS	- NS	- NS	- NS	22% HS	

Dates de semis du 3 au 9 juillet
Date de 1er sarclage du 27 au 29 juillet

**ANNEXE 27 : TEST TRAVAIL DU SOL EN CULTURE ATTELEE
RESULTATS A LA RECOLTE**

Ziga - Mil - 1985

Traitements	Poids de grain kg/ha	PQ récoltés /m ²	NEP /m ²	Epis /PQ	PG/NEP en g	Poids de grain kg/ha maxi mini	
Semis direct	399 a	2,5	5,2	2,1 (a)	7,6 (a)	683	178
Labour	740 b (+ 85%)	2,4	6,2	2,6 (ab)	11,9 (ab)	1017	374
Billonnage cloisonné	922 b (+ 131%)	2,5	7,2	2,9 (b)	12,8 (b)	1280	523
5 répétitions CV F	29% HS	- NS	- NS	14 % S	28% S		

Dates de travail du sol : 2 et 3/07

Dates de semis : 9 et 10/07

Boukéré - Mil - 1985

Traitements	Poids de grain en kg/ha	PQ récoltés /m ²	NEP /m ²	PG/PP en g	Poids de grain en kg/ha maxi mini	
Semis direct	470 (a)	1,76 (a)	5,1	9,2	686	333
Labour	778 (b) (+65%)	1,96 (a)	6,1	12,7	1602	520
Billonnage cloisonné	886 (b) (+88%)	2,5 (b)	7,7	11,5	1834	478
5 répétitions CV F	19% S	15% S	- NS	- NS		

Dates de semis et de travail du sol : 3 au 7 juillet

ANNEXE 28 : TEST BINAGE REPETE, CULTURE ATTELEE
RESULTAT A LA RECOLTE (1986)

Sabouna - Mil

Traitements	Poids de grain kg/ha	PQ récoltés /m ²	NEP pleins/m ²	Poids de grain par épi	Epis/poquet pleins
Sarclage traditionnel	417	1,23	2,37	17,5	1,92
Sarclage + 2 binages mécaniques	523 (+ 25%)	1,17	3,12	16,7	2,67
3 répétitions	8% NS	- NS	7% S	- NS	- NS

Ziga - Mil

Traitements	Poids de grain kg/ha	PQ récoltés /m ²	NEP pleins/m ²	Poids de grain par épi	Epis/poquet pleins
Sarclage traditionnel	432	1,54	3,1	13,9	2,04
Sarclage + 2 binages mécaniques	580 (+ 34%)	1,74	3,7	15,6	2,2
7 répétitions	15% S	8% S	6% HS	- NS	3% HS

Boukéré - Mil

Traitements	Poids de grain kg/ha	PQ récoltés /m ²	NEP pleins/m ²	Poids de grain par épi	Epis/poquet pleins
Sarclage traditionnel	551	1,29	3,5	15,4	2,43
Sarclage + 2 binages mécaniques	855 (+55%)	1,52	3,9	21,5	2,57
3 répétitions	- NS	- NS	- NS	7% S	- NS

3 villages confondus

Traitements	Poids de grain kg/ha	PQ récoltés /m ²	NEP pleins/m ²	Poids de grain par épi	Epis/poquet pleins
Sarclage traditionnel	456	1,41	3,0	15,0	2,1
Sarclage + 2 binages mécaniques	631 (+38%)	1,56	3,7	16,9	2,4
13 répétitions	17% HS	- NS	13% HS	15% S	14% S

ANNEXE 29 : LE TRAVAIL DU SOL EN SEC.

Problématique et dispositif expérimental

Le travail du sol en humide entraîne dans la plupart des cas un retard au semis préjudiciable aux cultures, c'est pourquoi nous avons testé avec 8 paysans de Sabouna le travail du sol en sec en 1987 selon deux modalités ; comparées au semis direct et au labour à plat :

- 1 seule dent travaillant sur la ligne de semis (écartement entre ligne = 0,80 m), permettant ainsi de créer un horizon localement favorable à la levée et au démarrage de la culture ;
- 3 dents travaillant sur toute la surface de la parcelle (scarifiage en sec), permettant de créer un horizon motteux sur une faible profondeur (5-7 cm). Dans ce cas, il s'agit d'un travail du sol superficiel qui ne s'apparente plus au sous-solage.

Les tests ont été cultivés en mil, le travail du sol en sec a été effectué courant mai avant les pluies. La date de semis est la même pour tous les traitements.

Résultats à la récolte

Traitements	Epis pleins /m ²	Poid de grain kg/ha
Témoin semis direct	2,79 a	321 a
1 dent en sec tous les 0,80 m sur la ligne de dent (pseudo sous-solage)	3,23 a	391 ab
3 dents en sec - scarifiage sur toute la parcelle	3,90 ab	495 b
Labour à plat en humide	5,01 b	667 c
F	HS	HS
CV (8 répétitions)	28%	23%

Interprétation des résultats

Le labour à plat donne un rendement significativement supérieur aux trois autres traitements. L'effet du passage d'une dent pourtant localisé sur la ligne de semis est faible (+ 70 kg/ha, différence non significative). En début de cycle, on note un effet sur la croissance végétative qui s'estompe ensuite assez rapidement. Le scarifiage à trois dents donne de meilleurs résultats que le pseudo sous-solage mais demande une force de traction plus importante.

L'objectif de cette expérimentation est de déplacer avant semis le travail du sol à une période où le temps est disponible (saison sèche). La paire de boeufs peut travailler une ou deux heures par jour aux heures les plus favorables. Le "pseudo sous-solage" matérialise les lignes de semis. Le temps consacré au rayonnage le jour du semis est considéré par les paysans comme une contrainte importante. De plus le travail du sol en sec localisé devrait permettre de semer sur la première pluie dans des conditions favorables et avant les parcelles labourées (hypothèse testée par SERPANTIE, communication personnelle).

Au vu des profils culturels réalisés après le passage de l'outil, l'effet du travail du sol dépend de la force de traction, de la qualité de la dent de sous-solage et du type de sol. En terrain sableux la dent creuse un sillon en profondeur sans éclater le sol, l'état de surface reste pulvérulent. En terrain plus argileux et plus compacté, l'effet se rapproche plus d'un sous-solage avec formation de mottes en surface susceptible de limiter le ruissellement et d'améliorer l'infiltration de l'eau (LETHIEC, 1987).

Bien que l'effet direct de la technique de travail du sol en sec sur la ligne de semis ne soit pas dans tous les cas significatif, cette innovation a été bien accueillie par les paysans. Plusieurs d'entre eux ont demandé au technicien du programme de recherche d'intervenir avec son matériel sur des parcelles au sol compacté.

**ANNEXE 29 bis: QUELQUES CARACTERISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES
DES SOLS DES ESSAIS FERTILISATION**

a) Fertilisation

	Localisation*	Matière organique %	N total o/oo	Phosphore o/sem ppm	Somme des bases meq/100 g	CEC en meq/100 g	pH eau
Essai fumure vulgarisable							
Essai matière organique	ZIGA	1,3	0,58	7	3,5	4,8	6,3
Essais phosphate x urée							
Essai phosphate x urée	Sabouna	0,74	0,33	9	3,6	5,3	5,5
Essai matière organique	Sabouna	0,58	0,27	7	3,7	5,6	5,7

* Valeurs moyennes observées avant implantation des essais, pour l'horizon 0-20 cm.

b) Essai de régénération de sol

Localisation	Horizon	Granulométrie*			Densité apparente**	Matière organique (%)	
		A	L	SF	SG		
Sabouna	0-20 cm	20%	12%	49%	19%	1,77	0,72
	0-20 cm	24%	11%	47%	18%	1,83	0,71
	20-50 cm	25%	12%	46%	17%	1,83	0,59
Ziga	0-20 cm	14%	19%	42%	25%	-	1,07
	20-40 cm	20%	20%	37%	23%	-	1,02

* A : argile - L : limons fins + limons grossiers - SG : sable fin - SG : sable grossier

** Avant travail du sol ; après labour sur 0-10 cm 1,52 ; après scarifage 1,57

ANNEXE 30 : ESSAI FUMURE VULGARISABLE - ZIGA

Rendement grain kg/ha et rapport valeur/coût ()

Traitements	1983	1984	1985	1986	1986 Arrière-effet
Témoin sans engrais	252 (a)	77 (a)	442 (a)	352 (a)	212 (a)
Témoin + urée	356 (ab) (1,8)	298 (b) (3,6)	1149 (b) (11)	663 (b) (3,7)	322 (ab)
Burkinaphosphate + urée	438 (ab) (0,9)	500 (b) (4,3)	1659 (c) (11,4)	1350 (c)	482 (bc) (7,4)
Engrais NPK + urée	590 (b) (2,2)	831 (c) (4,0)	2010 (b) (7,8)	1457 (c) (3,7)	592 (c)
Culture	Sorgho local	Sorgho IRAT 204	Mil	Mil	Mil
F CV	S 16%	HS 20%	HS 16%	HS 10%	HS 39%

ANNEXE 31a : ESSAI PHOSPHATE x UREE - SABOUNA

Rendement en kg/ha

Traitements	1985 - MIL			1986 - MIL			1987 - MIL		
	sans urée	urée	X	sans urée	urée	X	sans urée	urée	X
Facteur 1 - Phosphate									
Témoin sans P205	445	977	711 (a)	1496	1600	1548 (a)	950	947	948
SUPERTRIPLE	668	1020	844 (a)	1833	2240	2036 (b)	1169	1159	1164
Burkinaphosphate acidulé (TIMAC)	504	953	728 (a)	1890	2249	2069 (b)	1211	1090	1150
Burkinaphosphate acidulé 30 % (IFDC)	620	993	806 (a)	1691	2067	1879 (b)	1106	1158	1132
Burkinaphosphate naturel	529	937	733 (a)	1838	2249	2043 (b)	1145	1290	1217
Engrais NPK	730	1416	1075 (b)	1933	2347	2140 (b)	1115	1230	1172
Moyenne Facteur urée	731 (a)	1298 (b)	HS	1730 (a)	2125 (b)	S	1115	1145	NS
	HS			S			NS		
	28%			23%			19%		

ANNEXE 31b: ESSAI PHOSPHATE x UREE - ZIGA

Rendement en kg/ha

Traitements Facteur 1 - Phosphate	1985 - MIL			1986 - MIL			1987 - MIL		
	sans urée	urée	Moyenne Facteur 1	sans urée	urée	Moyenne Facteur 1	sans urée	urée	Moyenne Facteur 1
Témoin sans P205	884 (a)	946	914 (a)	182	133	158 (a)	268	277	272 (a)
Supertripble	1483 (c)	1502	1492 (c)	928	820	874 (bc)	1015	922	968 (c)
Burkinaphosphate acidulé (TIMAC)	922 (a)	993	957 (a)	565	688	627 (bc)	558	533	545 (b)
Burkinaphosphate acidulé 30% (IFDC)	1206 (b)	1211	1208 (b)	660	825	743 (bc)	576	691	633 (b)
Burkinaphosphate naturel	1140 (b)	1193	1169 (b)	599	562	581 (b)	463	719	591 (b)
Engrais NPK	1469 (c)	1401	1434 (c)	931	1043	987 (c)	1055	1154	1104 (c)
Moyenne Facteur 2 - Urée	1183	1208	IIS	644	679	IIS	655	716	IIS
	NS		CV=14%	NS		35%	NS		38%

Rendement grain en kg/ha

	1983				1985				1986				ARRIERE - EFFET			
	sans NPK	avec NPK	moyenne FI	sans NPK	avec NPK	moyenne FI	sans NPK	avec NPK	moyenne FI	sans NPK	avec NPK	moyenne FI	sans NPK	avec NPK	moyenne FI	
Témoïn sans MO	652	1192	922	154	269	211	905	1091	998	755	781	768 a				
Compost	548	1152	850 a	256	355	305	912	1502	1267	833	912	872 ab				
Fumier	753	1393	1073 ab	146	269	207	1148	1387	1209	838	962	900 ab				
Poudrette	1353	1850	1601 b	269	234	251	1134	1194	1163	952	1191	1071 b				
Paille de mil	994	1184	1089 ab	149	277	213	1133	1313	1223	930	913	921 ab				
	716 a	1128 b	S	194	280	NS	1058 a	1297 b	NS	861	952	S				
	S, CV = 38 %		23%	NS		-	HS, CV = 13 %		24%	NS		33%				
	Sorgho			Mil			Mil			Mil			Mil			

(1) 1984 : aucun résultat exploitable - pas de récolte de grain

ANNEXE 32 b : ESSAI MATIERE ORGANIQUE - ZIGA

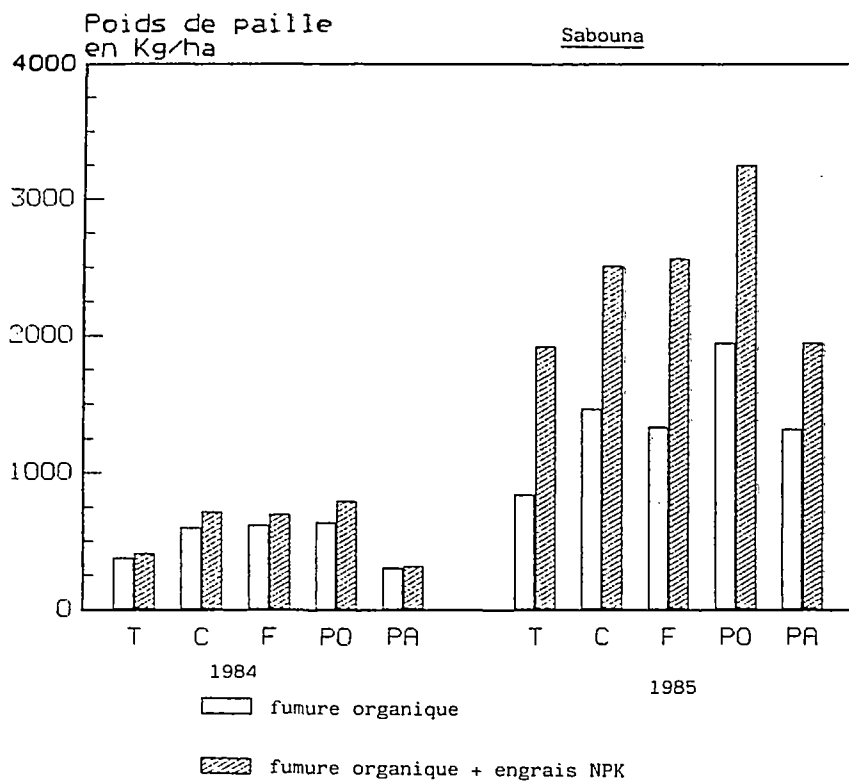
Rendement grain en kg/ha

Traitements Facteur 1 Matière organique	1986			1987		
	sans NPK	avec NPK	moyenne Facteur 1	sans NPK	avec NPK	moyenne Facteur 1
Témoin	471	722	596 a	306	790	548 (a)
Compost	418	992	705 a	469	1156	812 (b)
Fumier	560	1086	823 a	494	1006	750 (b)
Poudrette	1047	1405	1205 b	693	1168	930 (b)
Moyenne Facteur 2 NPK	624 (a)	1051 (b)	HS	490 (a)	1030 (b)	S
	HS		17%	HS		27%
Culture	Sorgho IRAT 204			Mil local		

ANNEXE 33 : Caractéristiques chimiques des différentes fumures organiques expérimentées (moyenne des valeurs observées).

	pH	Eléments totaux						
		C%	N%	C/N	P %	K %	Ca %	Mg %
Paille	6,7	39,9	4,2	93	0,06	0,97	0,24	0,19
Compost	6,65	32,5	7,62	43	0,09	0,80	0,33	0,30
Fumier	7,80	21,7	14,7	15	0,24	1,62	1,08	0,49
Poudrette	6,7	12,7	10,6	12	0,22	1,3	0,7	0,26

Annexe 34 : Fumure organique et rendements en paille d'une culture de mil en années sèches



T : Témoin
 C : Compost aérobie
 F : Fumier
 PO : Poudrette
 PA : Paille (4/5) + Poudrette (1/5)

ANNEXE 36 : RESULTATS DU TEST FERTILISATION-NPK-SUR SORGHO

Effet de l'engrais NPK sur les rendements et rentabilité économique

Pour la moitié des situations observées (tous villages confondus) en 1986, l'engrais (100 kg/ha) n'a pas été rentable (figure page suivante). Ceci correspond dans la grande majorité des cas (12 fois sur 16) à de mauvaises conditions de culture dues à des excès d'eau répétés au mois d'août. Le sorgho végète, l'épiaison est retardée. On observe d'autre part de faibles densités en cas d'inondation en juillet (soit le sorgho est recouvert d'eau et les pieds les plus faibles meurent, soit la levée est très mauvaise).

En 1987, les inondations ont été surtout importantes en septembre après la montaison du sorgho et donc ont été peu préjudiciables à la culture. Le pourcentage de taux de rentabilité inférieur à 1 est très réduit et globalement inférieur à celui observé pour le mil. Les quelques situations où l'engrais n'est pas rentable en 1987 correspond comme en 1986 aux zones où les excès d'eau ont été les plus marqués (milieu de bas-fond...) et où l'enherbement a été mal maîtrisé.

Il faut noter que les niveaux de rendement du témoin sans engrais sont élevés en 1986 et 1987 surtout à Sabouna et Boukéré (de 7 à 9 q/ha) ; ceci exprime bien la différence de potentialité agricole entre zone de culture du sorgho et zone de culture du mil. A Ziga les bas-fonds sont peu marqués et la culture du sorgho est encore pratiquée dans des terrains situés en milieu de toposéquence.

Peuplement dans les tests sorgho

Le sorgho ne tallant pas ou peu, la densité de semis doit être suffisamment élevée (3 à 3,2 poquets/m²) car les phénomènes de compensation sont ensuite assez réduits (variation de la taille de l'épi). Le rendement en grain est corrélé en premier lieu avec le poids de grain par épi ($r = 0,75$) et ensuite avec le nombre d'épis récoltés ($r = 0,58$). Pour les deux années de test "fertilisation-sorgho" en milieu paysan, on a observé de très faibles densités de poquets à la récolte.

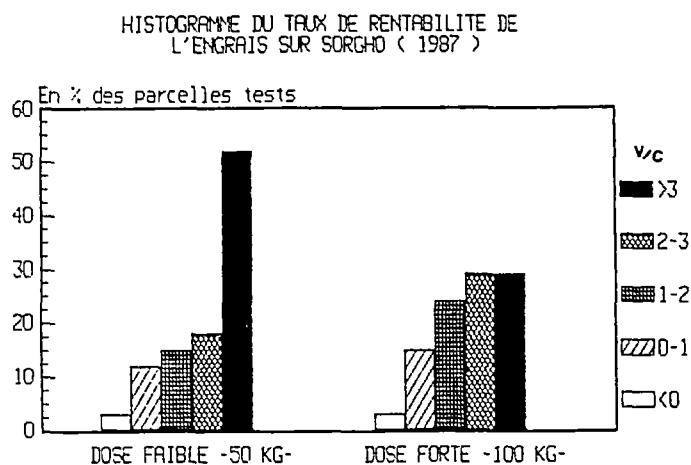
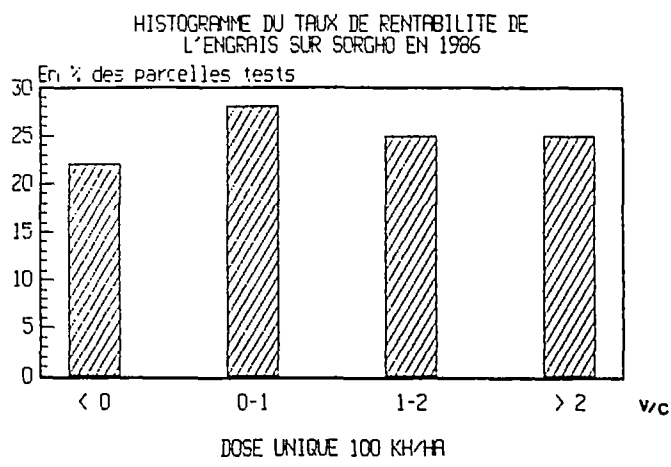
Les variations entre villages sont les mêmes que pour le mil (Ziga > Boukéré > Sabouna) et les différences de densités entre les deux cultures sont négligeables. Les normes habituellement utilisées au Burkina Faso recommandent de semer le sorgho deux fois plus dense que le mil (3,2 poquets/m² à trois pieds par poquet contre 1,6 pour le mil) (tableau A').

Les excès d'eau en 1986 ont pu entraîner des pertes de poquets à la levée mais il est probable qu'une augmentation des densités de semis entraînerait un accroissement du nombre d'épis récoltés et donc des rendements en grain.

TABEAU A : DENSITE DE POQUETS DE SORGHO A LA RECOLTE - TEST DE FERTILISATION SORGHO

	1986			1987		
	Sabouna	Boukéré	Ziga	Sabouna	Boukéré	Ziga
Témoin	0,85	1,19	2,12	1,32	1,56	2
Fumure 50 kg/ha	-	-	-	1,33	1,57	1,98
Fumure 100 kg/ha	0,82	1,27	2,30	1,32	1,57	1,85

Annexe 36 : b) Variation de la rentabilité de l'engrais sur le sorgho



ANNEXE 36; c) TABLEAU B : RESULTATS DES TESTS FERTILISATION

Rendement en grain (PG) et en paille (PP) en kg/ha

1986	Sabouna			Ziga			Boukéré		
Traitements	PP	PG	V/C	PP	PG	V/C	PP	PG	V/C
Témoin sans engrais Fumure 100 kg/ha (14-23-14)		835			428			782	
		877	0		693	1,4		1062	1,5
F		NS			NS			S	
CV		25%			27%			25%	
Nombre de répétitions	10			6			17		

1987	Sabouna			Ziga			Boukéré		
Traitements	PP	PG	V/C	PP	PG	V/C	PP	PG	V/C
Témoin sans engrais Fumure faible (7-12-7)	2071 (a)	694 (a)	-	2126 (a)	481 (a)	-	3269 (a)	904 (a)	
	2192 (ab)	956 (a)	3,4	2619 (b)	691 (b)	2,7	4117 (b)	1272 (b)	4,7
Fumure vulgarisée (14-23-14)	2383 (b)	969 (a)	1,8	2916 (c)	810 (c)	2,1	4480 (c)	1431 (b)	3,4
F	S	S	-	HS	HS		HS	HS	
CV	8%	23%		15%	17%		13%	18%	
Nombre de répétitions	7			14			13		

ANNEXE 37 : RESULTATS DU TEST BURKINA PHOSPHATE x MATIERE ORGANIQUE

(Rendement grain kg/ha)

1ère année - 1986

Traitements	Ziga Mil - (7 répétitions)	Sabouna Mil - (7 répétitions)
Témoin sans fumure	496	523
Burkinaphosphate sans fumure organique	625	653
Témoin + fumure organique	922	833
Burkinaphosphate + fumure organique	1053	903
	- Effet matière organique significatif (seuil 5%) + 85% de rendement - Effet Burkina-phosphate non significatif	- Effet matière organique significatif (seuil 5%) + 34 % de rendement - Effet Burkina-phosphate non significatif

RESULTATS 1987 (ARRIERE EFFET MATIERE ORGANIQUE ET BURKINAPHOSPHATE)

		Ziga	Sabouna
Traitements en 1986	1987	Mil (7 répétitions)	Mil (5 répétitions)
Témoin sans fumure	Témoin	359 (a)	297 (a)
Burkinaphosphate (400 kg/ha)	BP (100 kg/ha)	540 (b)	382 (ab)
Fumure organique	Témoin	471 (ab)	388 (ab)
BP + fumure organique	BP (100 kg/ha)	625 (b)	444 (b)
		HS CV = 23%	S CV = 20%

ANNEXE 38 : RESULTATS DU TEST MATIERE ORGANIQUE ET TRAVAIL DU SOL

MIL - 1985 (Rendement grain kg/ha)

	ZIGA (4 répétitions)			SABOUNA (6 répétitions)		
Traitements Fl = matière organique	Travail du sol	Sans travail du sol	Moyenne facteur 1	Travail du sol	Sans travail du sol	Moyenne facteur 1
Fumure organique	775	595	685 (a)	361	276	318
Sans fumure	619	535	577 (a)	241	203	222
Moy. Facteur 2 Travail du sol	697 (a)	565 (b)	S	301	239	- NS
	S		15 %	S		43 %

Pas d'interaction FlxF2

RESULTATS DU TEST FERTILISATION NPK, MIL (Rendement grain kg/ha)

1985	Sabouna			Boukéré		
	PP	PG	V/C	PP	PG	V/C
Traitements						
Témoin sans engrais	907	266 (a)	-	1507 (a)	574 (a)	-
Engrais NPK (100 kg/ha)	1727	454 (b)	1,5	2277 (b)	1023 (b)	2,9
C	28%	37%		18%	22%	
F	HS	HS		HS	HS	
Nombre de répétitions	26			9		

1986	Sabouna			Boukéré		
	PG	V/C		PG	V/C	
Traitements						
Témoin sans engrais	648 (a)	-		738 (a)		
Fumure 100 kg/ha (14-23-14)	868 (b)	1,1		1426 (b)	3,5	
CV	37%	-		40%		
F	S	-		S		
Nombre de répétitions	14		10			

1987	Sabouna			Zigra			Boukéré		
	PP	PG	V/C	PP	PG	V/C	PP	PG	V/C
Traitements									
Témoin sans engrais	1282 (a)	483 (a)	-	1320 (a)	465 (a)	-	1214 (a)	481 (a)	-
Fumure faible (7-12-7)	1626 (b)	614 (b)	1,7	1953 (b)	653 (b)	2,4	1581 (b)	784 (b)	3,9
Fumure vulgarisée (14-23-14)	1738 (b)	703 (c)	1,45	2274 (c)	796 (c)	2,15	1880 (c)	859 (c)	2,4
CV	19%	23%	-	16%	15%	-	17%	10%	-
F	HS	HS		HS	HS		HS	HS	
Nombre de répétitions		32			16			23	

**ANNEXE 40 : VARIATION DE LA RENTABILITE DE L'ENGRAIS
DANS LES TESTS NPK (1985-1987)**

VARIATION DE LA RENTABILITE DE L'ENGRAIS[V/C] DANS LES TESTS NPK (1985-1987)

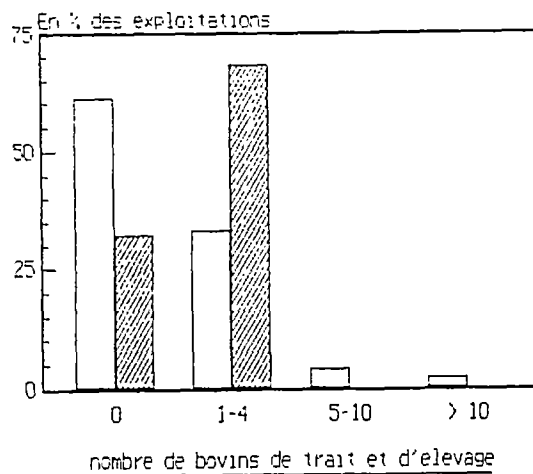
Localisation et nombre de répétitions	TémoIn		Dose 100 kg/ha			V/C en %				Dose 50 kg/ha				V/C en %			
	\bar{X}	Mini-MaxI	\bar{X}	CV	Mini/Maxi	<0	0-1	1-2	>2	\bar{X}	CV	Mini/Maxi	<0	0-1	1-2	>2	
<u>1985</u>																	
Sabouna	26	266		1,5	107%	11%	34%	19%	36%								
Boukéré	9	574		2,9	52%	0%	11%	11%	78%								
					0/5,14												
<u>1986</u>																	
Sabouna	14	648		1,1	-2,15/6,19	14%	28%	36%	22%								
Boukéré	10	738		3,5	0,66/6,77	0%	20%	0%	80%								
<u>1987</u>																	
Sabouna	32	483		1,45	-0,9/3,89	9%	28%	34%	29%	1,7	145%	-4,7/5,9	25%	15%	19%	41%	
Boukéré	23	481		2,4	-0,4/5,45	4%	13%	26%	57%	3,9	60%	0,4/8,5	0%	4%	21%	75%	
Ziga	18	465		2,15	0,3/4,8	0%	11%	22%	67%	2,4	59%	-0,25/5,3	5%	11%	22%	62%	

\bar{X} : moyenne ; Mini-Maxi = Rendement grain en kg/ha

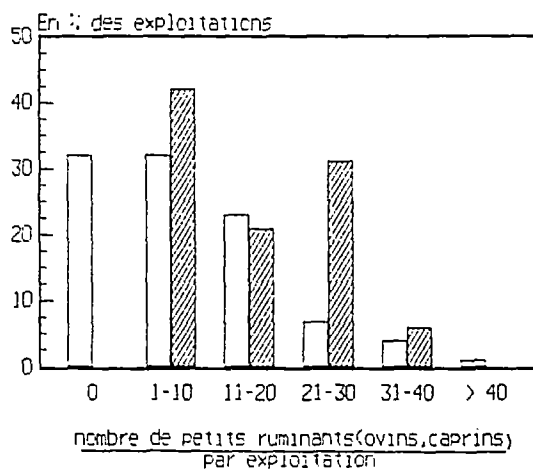
CV : coefficient de variation

ANNEXE 41 : Comparaison de la taille du troupeau entre les exploitations enquêtées et l'ensemble des exploitations de Sabouna (1986).

A) les bovins



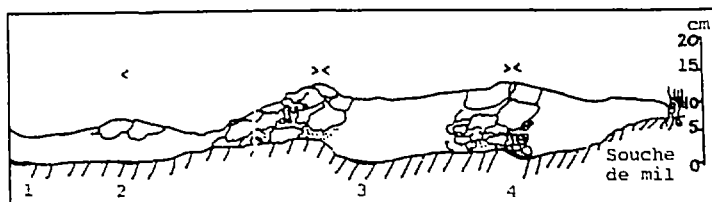
B) Les petits ruminants



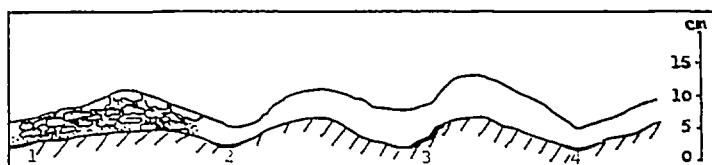
- Toutes les exploitations de Sabouna (176)
 Les exploitations enquêtées (22)
 (l'échantillon d'étude)

Annexe 42 : Schémas simplifiés de profils culturaux après labour

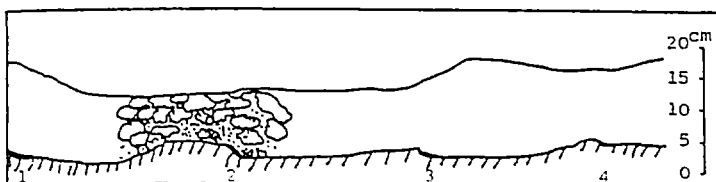
Profils réalisés entre le 1er et le 10 juillet 1984 ; labours effectués après la pluie du 28 juin (20 mm) par des paysans de Sabouna.



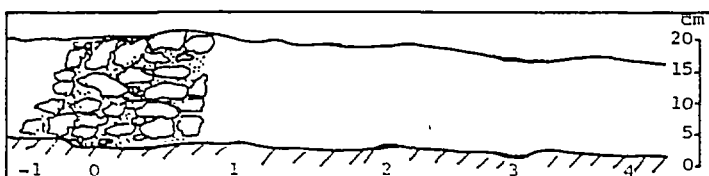
Labour réalisé le 2 juillet sur sol déjà sec d'où la présence de grosses mottes assez dures ; labour peu profond et irrégulier.



Labour réalisé sur sol dégradé, presque sec. Très faible profondeur de l'horizon travaillé, labour très large.



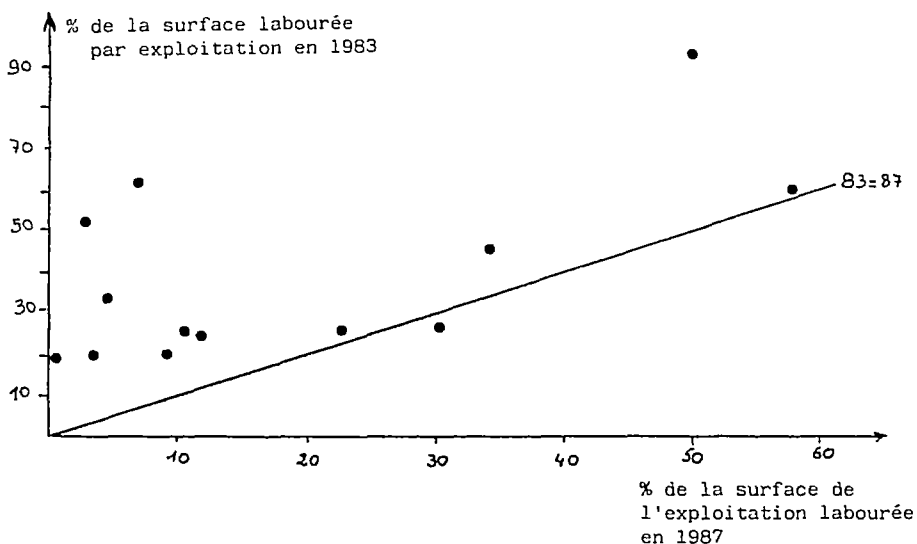
Travail réalisé sur sol frais, profil encore humide au delà du fond de labour. Passages de la charrue assez réguliers et pas trop espacés.



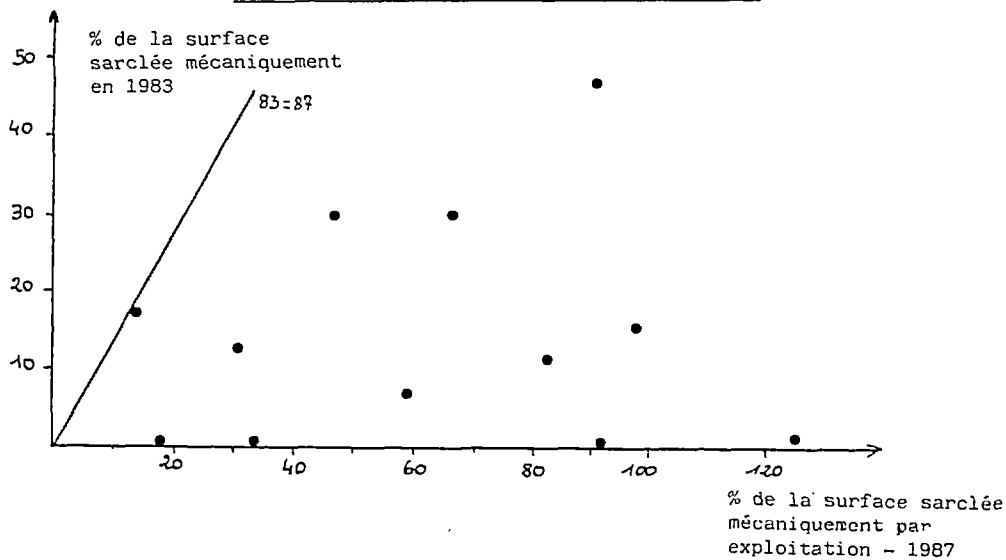
Labour "idéel" non observé chez les paysans. Difficile à réaliser vu la faible pluviométrie à cette période.

Annexe 43 : Evolution des surfaces travaillées en culture attelée
(1983 - 1987)

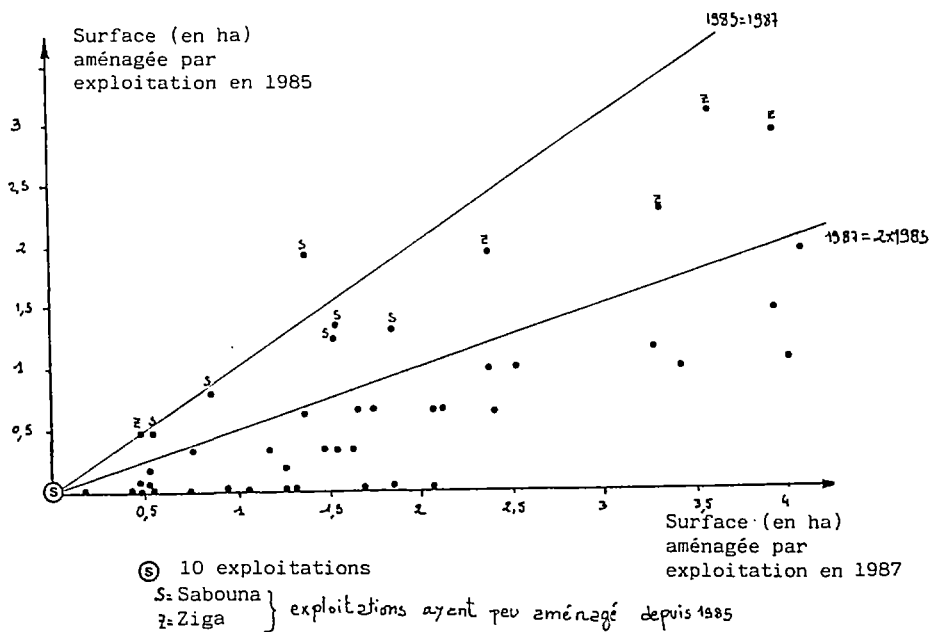
a - Labour-Sabouna (18 exploitations)



b - Sarclage mécanique - Ziga (14 exploitations)



**Annexe 4.4 : Evolution des travaux d'aménagement
entre 1985 et 1987**

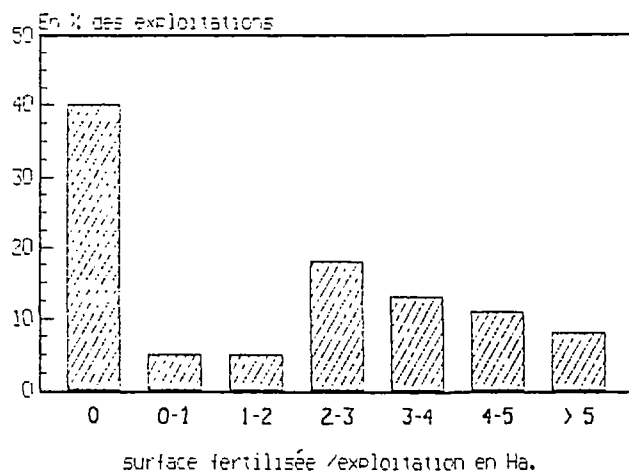


**Evolution de la surface aménagée de
juin 1985 à juin 1987**

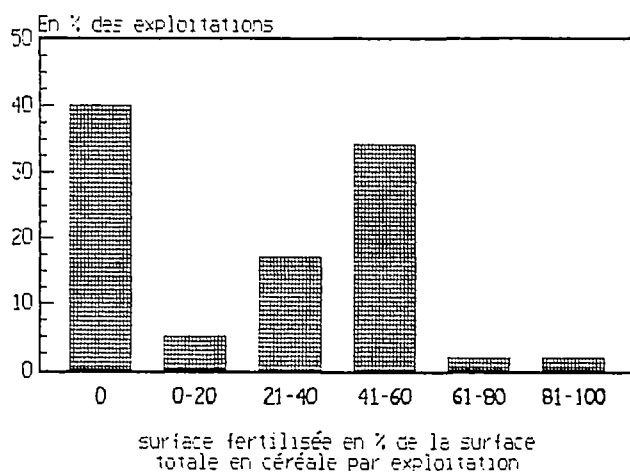
Surface pour l'ensemble des exploitations enquêtées	SABOUNA	BOUKERE	ZIGA	TOTAL
Surface aménagée en 1985 (en ha)	10,5	8,5	15	34
Moyenne par exploitation (en ha)	0,5	0,65	0,80	0,63
Surface aménagée en 1987 (en ha)	28	24	27,5	79,5
Moyenne par exploitation (en ha)	1,2	1,77	1,45	1,46
Progression 85 - 87 en %	+ 166 %	+ 182 %	+ 83 %	+ 133 %

Annexe 45 : Utilisation de la fumure minérale
(1987, 3 villages confondus)

a - Surface fertilisée par exploitation

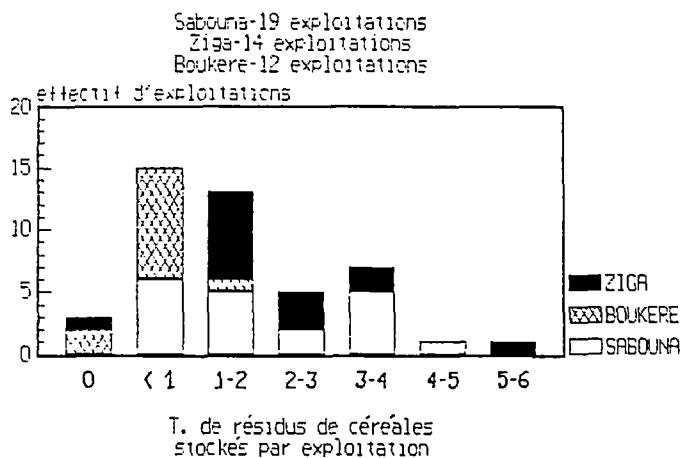


b - Pourcentage de la surface fertilisée
par rapport à la surface totale en céréale.

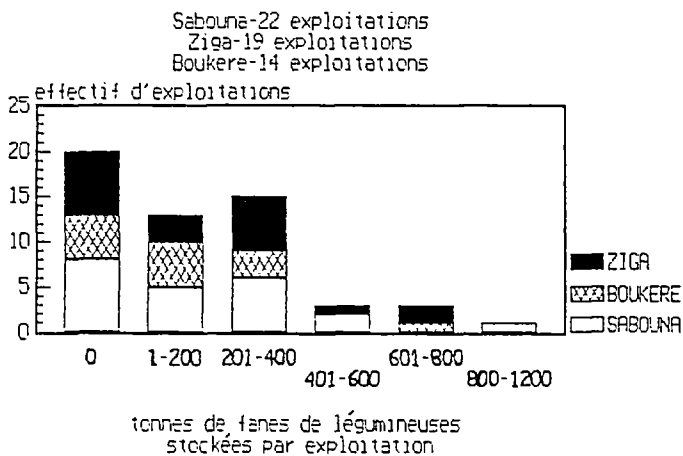


Annexe 46 : Variation du stock de résidus de récolte par exploitation

a) paille de céréales (mil, sorgho)



b) fânes de légumineuses (arachide, niébé)



ANNEXE 47 : QUELQUES RESULTATS SUR L'EXPRIMENTATION D'IRRIGATION DE COMPLEMENT

Objectif

Valoriser l'eau de ruissellement stockée dans une micro-retenue par des apports d'irrigation de complément en saison des pluies.

Dispositif , Résultats à la récolte .

Un périmètre expérimental de 0,3 ha à Sabouna et plusieurs périmètres de plus petites surfaces chez des paysans (tableau A).

Sur le site expérimental, l'eau est stockée dans une micro-retenue construite manuellement par des jeunes villageois (figure page suivante).

L'eau est élevée par une pompe manuelle ou une motopompe à essence. L'irrigation à la raie est déclenchée lorsqu'il y a plus de 6 jours sans pluie. Les cultures principales sont le sorgho précoce, le maïs, les cultures maraîchères de saison des pluies (gombo, aubergine, piment...). Après mai, une culture de niébé a pu être implantée en vue d'une production de fourrage.

Un essai comparatif sur sorgho a permis d'évaluer l'intérêt d'un apport d'eau d'irrigation en fonction du travail du sol (tableau B).

Tableau A : les différents sites à valoriser

	Situation topographique	Capacité et période de stockage	Type d'exhaure	Utilisation traditionnelle
Boulis	zone de fort ruissellement (bas de cuirasse ou talweg)	2.500 à 3.000 m ³ juin- décembre	manuel ou tuyau PVC ou siphon	abreuvement des troupeaux usages domestiques
Micro- retenue (individuelle)	zone de ruissellement en brousse	100 à 10 m ³ fin juin fin sept.	manuel	abreuvement
Site expérimental	idem	100 à 200 m ³ juin- octobre	pompe manuelle ou motopompe	

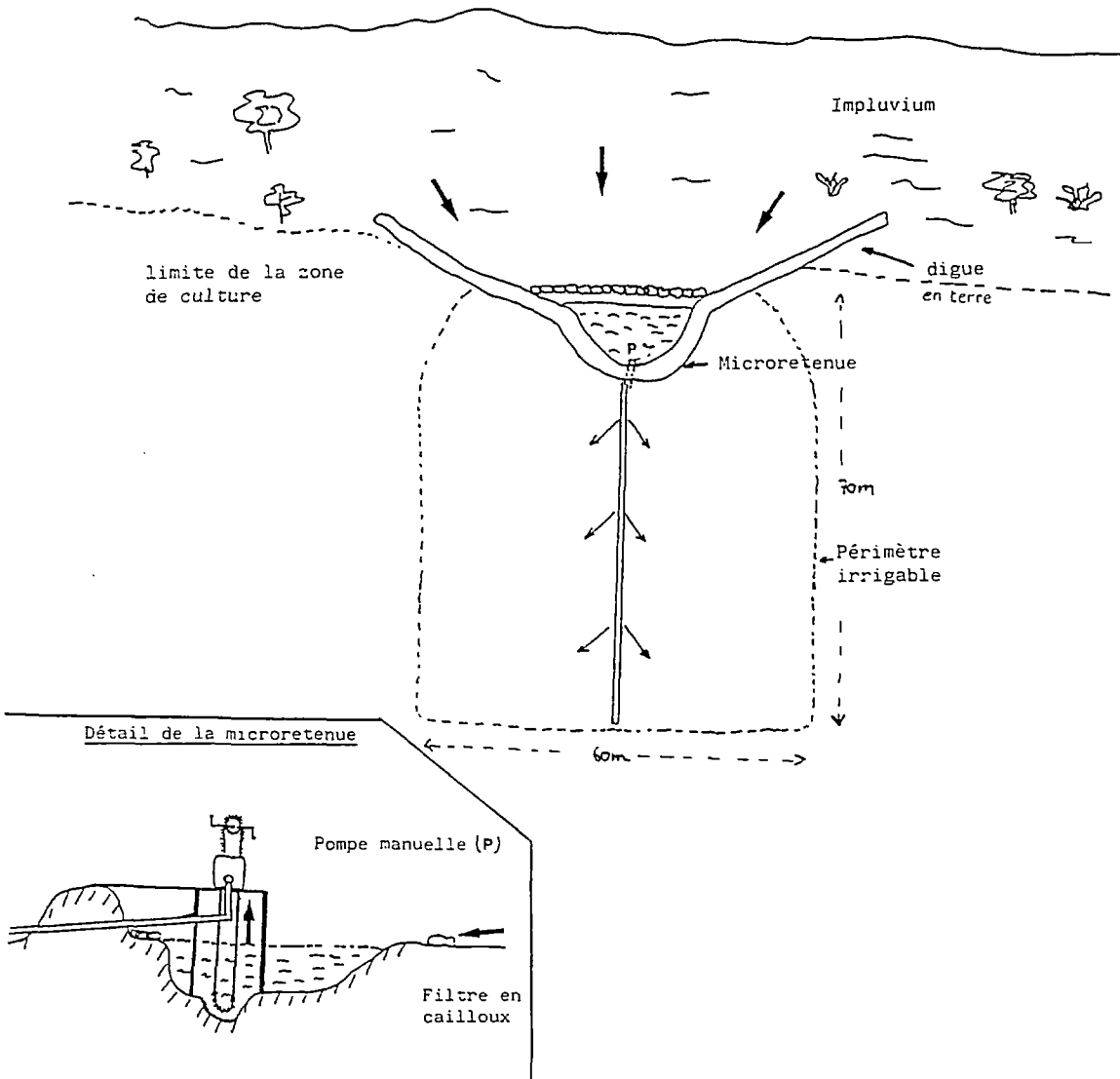
Tableau B : rendements en kg/ha de sorgho (IRAT 204)

Traitements	1986	1987
Semis direct non irrigué	1129 (a)	810 (a)
Semis direct + irrigation	1247 (a)	1249 (ab)
Labour à plat non irrigué	1468 (a)	1114 (a)
Labour à plat + irrigation	2142 (c)	2057 (c)
Billonnage cloisonné non irrigué	1817 (b)	1624 (c)
Billonnage + irrigation	non prévu	2702 (c)
CV	15%	23%
Test F	HS	HS
Nombre d'irrigations	4	3
Dose totale en mm	93	65

LES PREMIERS ENSEIGNEMENTS :

D'un point de vue économique, l'investissement en matériel est de l'ordre de 300.000 CFA ; sa rentabilité sur 5 ou 6 ans nécessite de produire des cultures commercialisables. Vu les prix des céréales sur le marché, la culture irriguée de sorgho sur de petites surfaces ne peut pas rentabiliser cet investissement. Il est donc nécessaire de s'orienter vers des productions plus lucratives : maïs vert (récolté vers le 15 Aout), aubergine, tabac... L'irrigation contre-aléatoire n'est pas toujours nécessaire du fait d'une bonne répartition des pluies du 1er juillet au 15 septembre. Afin de valoriser l'investissement en matériel et surtout le travail d'installation et d'entretien du périmètre, il faut prévoir un modèle comportant 2 cycles de culture ; la 2ème culture (Niébé fourrage, maïs...) pouvant être semée en intercalaire avant la récolte de la première culture. Ceci nécessite une réserve d'eau importante jusqu'en fin octobre.

Schéma du modèle de microretenue expérimentée



ANNEXE 48 : L'OPERATION "PAYSANS DE REFERENCE"

Objectifs :

- Tester à l'échelle de l'exploitation agricole des innovations techniques et économiques permettant d'augmenter et de régulariser la production agricole.
- Enregistrer les résultats des exploitations et les réactions des paysans par rapport aux innovations testées.

Contenu :

Le programme de travail est défini chaque année avec les agriculteurs concernés. Il intéresse à la fois les activités de saison sèche, de saison des pluies, l'agriculture ou l'élevage. Certaines activités sont considérées comme indispensables par l'ensemble des paysans de référence (aménagement des parcelles cultivées, amélioration de la gestion des résidus de récolte...). La mise en oeuvre d'activités plus spécifiques (maraichage) ou nécessitant un investissement monétaire (fertilisation minérale) dépend du choix de chacun. En début de saison sèche et de saison des pluies, le technicien chargé d'apporter un appui technique aux paysans, élabore avec chacun d'entre eux un programme personnalisé qui dépend de leur moyen de production, de la qualité de leur parcellaire, etc...

L'appui économique aux producteurs :

Le projet R/D met à la disposition de l'exploitant un crédit de campagne dont le montant varie en fonction de ses besoins et de ses capacités de remboursement. Le crédit permet d'acheter les intrants (engrais, pesticides), le petit matériel (machette, rayonneur, joug...), des aliments du bétail... Le projet assure l'approvisionnement de ces différents produits. La gestion de l'ensemble est assurée par un technicien du projet ; le chef d'exploitation dispose d'un document où est inscrit le détail de son crédit et de son programme de travail...

L'animation du réseau de référence :

Outre des contacts directs entre techniciens et paysans, des réunions, des formations et des visites sont organisées tout au long de l'année. Elles regroupent tous les exploitants du réseau pour chaque village, des rencontres intervillages sont possibles aussi.

L'échantillon d'exploitations concernées :

En 1986 et 1987, des paysans des villages étudiées sont portés volontaires pour adhérer au réseau de référence. Leur nombre variait de 15 à 25, selon les villages ; un technicien enquêteur pouvait assurer le conseil à une quinzaine d'exploitations au maximum. Ce type d'échantillonnage favorisait les exploitants les plus aisés et les mieux informés (responsables de groupement...). Un bon nombre d'agriculteurs disposant de faibles revenus et de peu de main d'oeuvre hésitait à intégrer le réseau de référence : "le crédit sera difficile à rembourser", "je n'arriverai pas à mener à bien les travaux programmes"... A partir de 1988 l'extension du réseau dans certains villages, comme à Ziga, a permis de mieux prendre en compte la diversité des exploitations agricoles.

Collection "Documents Systèmes Agraires"

TITRES PARUS :

- n° 1 Fonctionnement des systèmes de production et utilisation de l'espace dans un village du Yatenga : Boukéré (Burkina-Faso) ; par M.J. DUGUÉ, 1986 - 20 p.
- n° 2 • Systèmes agraires, systèmes de production en Afrique de l'Ouest (et Madagascar : Bibliographie ; par C. SECOND, M. BENOIT CATTIN, 1986 — 186 p.
- mise à jour 1988
- n° 3 Typologie des agro-systèmes villageois du département de Maradi (Niger) : Propositions pour un programme de Recherche-Développement : par P. JOUVE, 1987 — 100 p.
- n° 4 Relations agriculture élevage : Actes du II^e séminaire du Département Systèmes Agraires du CIRAD Montpellier 10 - 13 septembre 1985 — 337 p.
- n° 5 Les politiques alimentaires face aux changements dans les modes de consommation des céréales en Afrique de l'Ouest : Approche bibliographique ; par M. BENOIT CATTIN, C. DELGADO, 1986 — 140 p.
- n° 6 Aménagements hydro-agricoles et systèmes de production Actes du III^{ème} Séminaire - Montpellier 16 - 19 décembre 1986 (Tome I - Tome II) — 653 p.
- n° 7 Diagnostic du système agraire et des systèmes de production en Ségala Aveyronnais. par Y. CLOUET, T. RUF, A. GUILLONEAU, 1986 — 123 p.
- n° 8 Appui pédagogique à l'analyse du milieu rural dans une perspective de développement. par L. BEDU, C. MARTIN, M. KENEFLER, M. TALLEC, A. URBINO, 1987 — 191 p.
- n° 9 Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de culture vivriers en zone Soudano-Sahélienne. par P. DUGUÉ, 1989 — 350 p.

COUVERTURE : Composition : FLASH EDITOR
Illustration : GILLES PEYRON
Impression : IMPRIMERIE MICHEL

REPROGRAPHIE : CIRAD

POSSIBILITES ET LIMITES DE L'INTENSIFICATION DES SYSTEMES DE CULTURE VIVRIERS EN ZONE SOUDANO-SAHELIEENNE Le Cas du Yatenga (Burkina-Faso)

P. DUGUÉ

RESUME :

En zone soudano-sahélienne et plus particulièrement au Yatenga (Burkina Faso) les principaux facteurs limitant la production agricole sont les aléas pluviométriques et la faible fertilité des sols. Des expérimentations menées sur les différents types de terrains ont permis d'élaborer des références techniques qui ont été testées par les agriculteurs. L'augmentation de la production céréalière et surtout la réduction de la variabilité des rendements du mil (*Pennisetum typhoides*) impliquent nécessairement d'améliorer l'alimentation en eau des cultures et la fertilité des sols. Du fait de leur interaction, ces deux aspects doivent être raisonnés de façon complémentaires.

Face à la dégradation des conditions de production, les agriculteurs ont développé des stratégies économiques tournées vers l'extérieur du Yatenga. Les conditions de mise en œuvre des innovations techniques proposées nécessitent une évolution des stratégies de conduite des cultures des paysans. L'intensification des systèmes de culture est intéressante principalement dans les zones à forte densité de population et ne pourra concerner qu'une partie de l'exploitation agricole. Certaines propositions ne sont réellement envisageables que dans la mesure où elles sont raisonnées non seulement au niveau de la parcelle ou du système de production mais aussi à l'échelle du territoire villageois.

La mise au point d'innovations permettant d'améliorer la production vivrière de cette région doit nécessairement tenir compte d'une part des capacités technico-économiques et des objectifs des agriculteurs, d'autre part des disponibilités en ressources naturelles (la terre, les pâturages, l'eau...). Ceci implique pour l'agronome de développer des méthodes de recherche (et de recherche-développement) qui associent les producteurs aux différentes phases du travail (diagnostic, expérimentations, développement expérimental) et qui prennent en compte les différents niveaux de décision et d'interventions (l'exploitation agricole, le quartier, le village...).

MOTS CLES :

Burkina Faso, Yatenga, Zone Soudano-sahélienne, Recherche-Développement, Référentiel technique, Développement agricole, Mil (*Pennisetum typhoides*), Gestion de l'eau, Fertilité, Intensification, Système de culture, Système de production, Gestion de l'espace.